

Con la presente obra, sus autores pretenden fijar las bases para el cultivo del Aloe vera (sábila), un aspecto de la planta poco tratado hasta hoy pero muy necesario por la gran expansión agrícola que la misma está teniendo en diversos países que hasta hace pocos años apenas lo tenían implantado; algunos, como España, con antiguas referencias históricas sobre su cultivo y utilización. Todo ello ha sido motivado por el creciente interés a nivel mundial que, año tras año, va teniendo la industria y el comercio del Aloe vera, y por la gran rentabilidad económica que ofrece su cultivo a los agricultores frente a otros más tradicionales (olivo, cítricos, trigo, viña, etc.).



(SÁBILA): CULTIVO Y UTILIZACIÓN

A. MORENO • M. Y. LÓPEZ • L. JIMÉNEZ

**AGRO
GUÍAS**
mundi-prensa



ALOE VERA (SÁBILA): CULTIVO Y UTILIZACIÓN

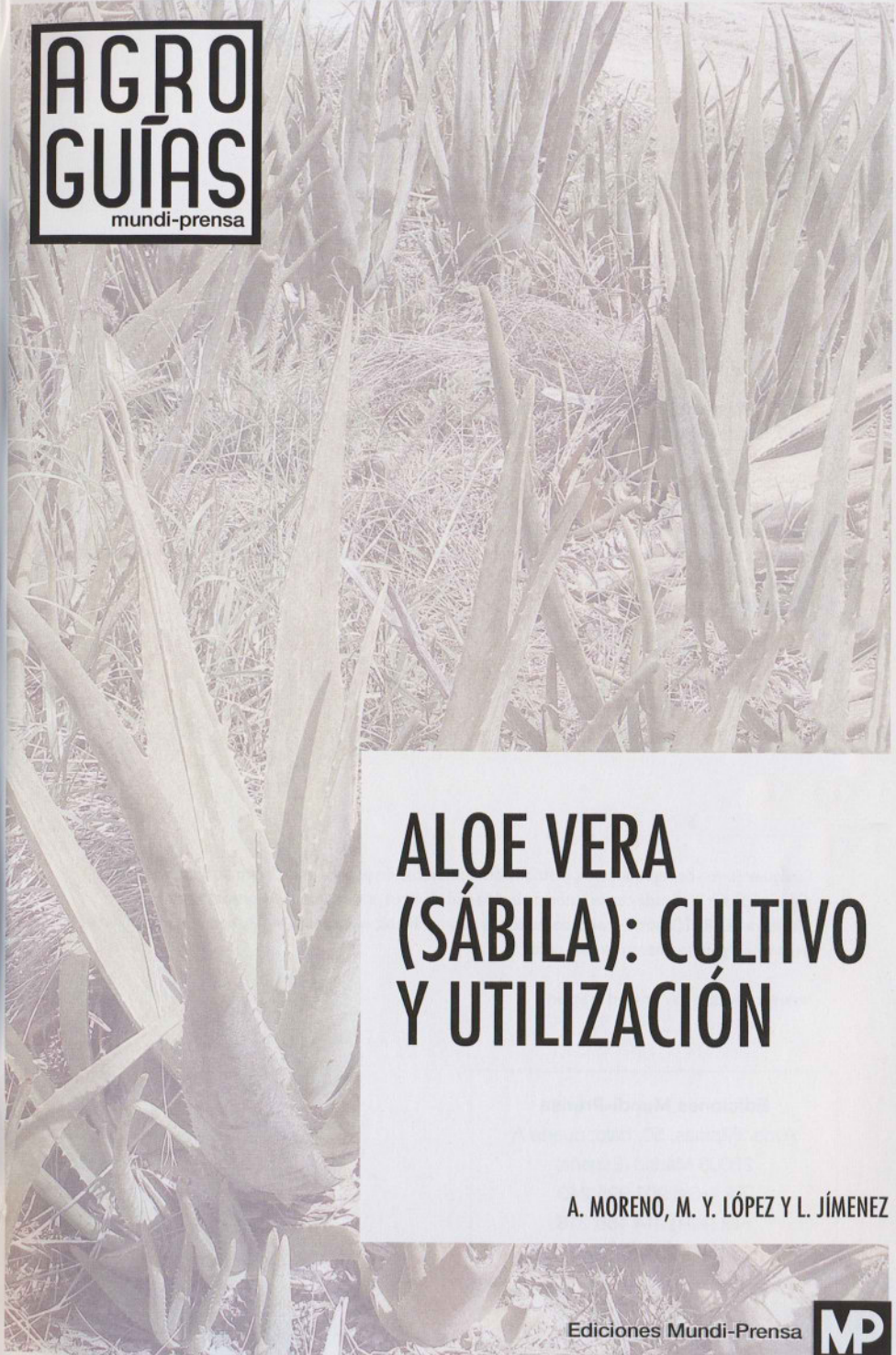
A. MORENO, M. Y. LÓPEZ Y L. JIMÉNEZ

Ediciones Mundi-Prensa



VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

A photograph of a field of Aloe Vera plants, showing their thick, pointed leaves and spiky growth habit. The plants are densely packed, and the background is slightly blurred, focusing attention on the foreground foliage.

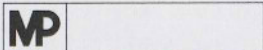
**AGRO
GUÍAS**
mundi-prensa

ALOE VERA (SÁBILA): CULTIVO Y UTILIZACIÓN

A. MORENO, M. Y. LÓPEZ Y L. JÍMENEZ

Ediciones Mundi-Prensa





© 2012, A. Moreno, M. Y. López y L. Jiménez

© 2012, Ediciones Mundi-Prensa

Producción editorial: Ediciones Nobel, S. A.

Diseño y maquetación: Ediciones Nobel, S. A.

Fotografía de portada: Juan Eduardo Martínez Montiel

Nota: las fotografías marcadas con (*) han sido aportadas por el prologuista de la presente obra
(1ª edición), Juan Eduardo Martínez Montiel.

Todos los derechos reservados.

Imprime: Cima Press

Impreso en España / Printed in Spain

Ediciones Mundi-Prensa

Madrid (España)

Índice



Agradecimientos	11
Presentación	13
Prólogo	15
Introducción	19
1.- Orígenes e historia	22
2.- Distribución geográfica mundial	29
3.- Aspectos biológicos	32
4.- Condiciones edafoclimáticas	40
5.- Propagación	49
6.- Técnicas de cultivo	52
7.- Control de malas hierbas	70
8.- Plagas	74
9.- Enfermedades	82
10.- Recolección	96
11.- Elaboración industrial	99
12.- Producción y comercialización	107
13.- Usos y aplicaciones	112
14.- Estudio económico	116
Bibliografía	123



Agradecimientos

Este libro no hubiera sido posible de completar sin la imprescindible colaboración de varias personas pertenecientes al ámbito académico, empresarial y personal. En primer lugar, nombramos al profesor e investigador Henri Jesús Piña Zambrano, por habernos ofrecido, además de la presentación, su inestimable apoyo técnico, aportándonos documentación, datos y fotografías de gran interés.

Seguidamente, citamos al empresario, y gran conocedor de la sábila, Juan Eduardo Martínez Montiel, prologuista de esta edición, quien se ha encargado de revisar el texto escrito y sugerir acertadamente algunos cambios que han significado, sin lugar a dudas, una mejora para la presente obra.

De inestimable ayuda ha sido la lectura realizada por el micólogo Fco. José Castro Cachinero para el Cap. 10 (enfermedades), así como la de Ana Cristina Santos Redondo sobre toda

la obra. Es también de agradecer el gran apoyo moral que nos han ofrecido tanto nuestros familiares: padres, hermanos, hija (Noelia) y sobrinos (Alejandro, Álvaro y Laura María), como amigos: Antonio García, José Pérez, José Miguel Barrantes, etc.

Igualmente, mostramos nuestra gratitud a la Sociedad Americana de Fitopatología, por habernos autorizado a incorporar material gráfico de su competencia, y a Patricia Schmidt, quien muy amablemente nos hizo llegar una de sus obras.

Para finalizar, damos las gracias a la editorial Mundi-Prensa (Paraninfo) por el gran apoyo e interés que siempre han mostrado en este libro. Sin su profesionalidad no hubiera salido igualmente a la luz esta obra.

Esperamos que la lectura del presente libro pueda resultar provechosa para todas aquellas personas interesadas, en mayor o menor grado, en el cultivo del Aloe vera.

LOS AUTORES

Córdoba, 19 de marzo de 2012



Presentación

Escribir sobre Aloe vera (sábila) siempre ha resultado para mí un gran placer y una inmensa satisfacción. Hoy día ese placer y esa satisfacción se ven profundamente acrecentados al estudiar la maravillosa obra de los estimados colegas Alberto Moreno, Yolanda López y Luis Jiménez. Estos dedicados profesionales han logrado reunir en forma práctica, didáctica y amena, un cúmulo de conocimiento dirigido a cualquier persona interesada en incursionarse a la explotación y el cultivo de esta promisoriosa y multifacética planta.

La obra *Aloe vera (sábila): cultivo y utilización*, irrumpe en el escenario agroindustrial de los nuevos tiempos para llenar un significativo vacío en lo referente a manuales pedagógicos de viable aplicación. El texto fue concebido para resaltar y dar a conocer, no sólo la importancia de la sábila en su amplia diáspora de aplicaciones, sino también los pasos fundamentales para su explotación, los cuales se detallan a lo largo de todos los 15 capítulos que conforman la obra, en donde se incluyen

los orígenes e historia del aloe, pasando por su distribución geográfica, sus aspectos biológicos, condiciones edafoclimáticas y su propagación, exponiendo seguidamente las técnicas de cultivo, así como el control de malas hierbas, plagas y enfermedades. Luego, prosiguen con las prácticas de recolección y transformación industrial y finalizan con dos importantes capítulos acerca de la comercialización y el estudio económico para desarrollar una ocupación de tal naturaleza.

En cada acápite de la presente Agroguía se explican detalladamente con una precisa terminología y enfoque agronómico de fácil comprensión y entendimiento, las distintas fases del cultivo: iniciado en su siembra y diversos cuidados, hasta su procesamiento y comercialización, los cuales son tratados por Alberto, Yolanda y Luis bajo un significativo matiz de sostenibilidad, tan importante y necesario hoy día cuando paulatinamente se ha ido cerrando el círculo del uso agroambiental en todo el planeta.



Lo anterior es precisamente una de las características básicas y a resaltar del aloe, tal como es su carácter agroecológico, no sólo en términos del esquema agronómico de producción y labores culturales asociadas, sino también en la posibilidad de usar suelos con amplias limitaciones para el establecimiento de otros rubros agroalimentarios, así como la de poder combinarlo con otros cultivos de ciclo corto, compatibles con su esquema de producción; o la utilización, por ejemplo, de ovinos para el control natural de malas hierbas.

Otro aspecto a resaltar de la presente obra, es lo ameno y dinámico que resulta seguir su lectura, poniendo a disposición de los interesados los pasos iniciales fundamentales y concretos para emprender una iniciativa productiva, tal como la siembra, el procesamiento y la comercialización del aloe.

Dentro de este contexto, es necesario también resaltar otro importante aspecto de la presente obra, tal como es el fomento y promoción del aloe como una real alternativa de desarrollo sostenible para los pequeños y medianos productores, lo cual a su vez se corresponde con otro de mis grandes anhelos: convertir el aloe en una importante opción para todo aquel productor con escasas posibilidades de crecimiento y manutención. Mis apreciados colegas, con esta obra, caminan hacia esa dirección de manera acertada y precisa.

Vaya pues mi salutación y parabienes para un excelente producto de obligatoria consulta en este campo de amplias posibilidades de participación. Enhorabuena amigos, gracias por el honor de hacerles la presentación de tan magnífica Agroguía. Mis sinceros sentimientos de respeto y estima.

Henri J. Piña Zambrano
Universidad Francisco de Miranda
Coro, Falcón. Venezuela

Prólogo

Como nunca antes, los agricultores de todo el mundo se enfrentan a grandes retos para poder continuar, haciendo que su actividad sea rentable y les permita vivir de ella. En la presente década, la crisis económica y energética de todo el mundo, el papel relegado de las políticas agrarias y los efectos de un cambio climático cada vez más evidente, son, entre otros elementos, los que obligan a los agricultores a replantear estrategias de producción, buscando que su actividad agrícola genere, además de un beneficio económico, una incidencia positiva en el desarrollo rural de su comunidad.

Producir bajo prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente, así como elaborar productos de calidad que incorporen un alto valor añadido y respondan a las exigencias (demanda) del mercado, son los deberes que aguardan a los actuales y futuros agricultores para poder sobrevivir a la hecatombe que se cierne sobre los mismos.

Hoy día es necesario tener muy en cuenta la multifuncionalidad del

sector agrícola, porque, además de producir alimentos y materias primas (función primaria) o ser uno de los pilares básicos de la economía, también tiene otras funciones, como son las ambientales: conservación de suelos, fomento de los recursos hídricos, desarrollo de los paisajes naturales, etc., o su labor social y territorial, por ofrecer un marco de viabilidad a las comunidades rurales, ayudar al mantenimiento del patrimonio cultural, generar empleo y apoyo social, sustentar el turismo rural o las actividades de ocio y descanso, etc.

Hace cuatro años (2008), en el Dpto. de Economía, Sociología y Política Agrarias de la Universidad de Córdoba, dentro del Máster en Desarrollo Rural Territorial, coincidí con los investigadores Henri Jesús Piña Zambrano y José Miguel Barrantes Martín. Por simple observación, se hizo constar la presencia de plantas de sábila en distintas zonas andaluzas, muchas veces creciendo de forma silvestre. Debido a ello, concurrirnos en cuestionarnos el por qué

no existían plantaciones extensivas de aloe vera en la región, más aún con la crisis por la que pasaba el campo andaluz y, sobre todo, teniendo en cuenta que la Unión Europea es un gran comercializador de sábila.

Unido a estos factores y a mi origen tamaulipeco (municipio de González, México), donde se hallan algunas de las plantaciones más grandes del mundo, nació el proyecto "Aloe Andaluz", con el cual se pretende implantar el cultivo de sábila en esta región buscando un desarrollo rural territorial. Desde aquel momento, y con el inestimable apoyo de organismos tanto públicos como privados, arrancó la construcción de una industria transformadora en Montilla (Córdoba) y comenzaron a surgir las primeras plantaciones de sábila en la campiña cordobesa.

A partir de todo ello, se ha logrado despertar el interés hacia el aloe vera de organismos, universidades, empresas, investigadores y la sociedad en general. Como muestra de tal afirmación aparece la presente obra, realizada por tres jóvenes investigadores que, habiendo captado la esencia del proyecto y motivados por la mejora socioeconómica que puede proyectarse sobre su región, se han involucrado en el cultivo de la sábila con distintos puntos de vista, que van desde ser "aloecultores", tal y como ellos mismos han calificado a quienes cultivan aloe vera o sábila, hasta propiciar la investigación agronómica de la planta. Por ello, han

puesto gran empeño en elaborar este libro, cuyo contenido será una herramienta (guía) indispensable para todas aquellas personas interesadas en el cultivo de una planta que ofrece grandes aplicaciones a la vida cotidiana: el aloe vera.

La planta de Aloe vera o sábila, originaria del noreste africano y Arabia, que luego fue diseminándose por toda la cuenca mediterránea, encuentra las condiciones idóneas para su crecimiento en todas aquellas regiones del mundo con un clima subtropical o mediterráneo. En la pretérita región de al-Andalus, actual Andalucía, la planta fue domesticada por los árabes para cubrir ciertas necesidades humanas, estableciéndose allí los primeros cultivos extensivos de Aloe vera. Tras la reconquista cristiana, se produjo el abandono paulatino de tales plantaciones, que terminaron por desaparecer. Sin embargo, y a pesar de dicho suceso, en el conjunto de la sociedad perduró el acervo cultural sobre los beneficios hacia la salud humana que siempre ha tenido esta planta medicinal. Debido a ello, el aloe vera ha permanecido durante siglos en la vida cotidiana (casas, jardines, campos...) de muchos andaluces hasta el presente milenio, pasando de generación en generación todo el conocimiento popular sobre las diferentes afecciones humanas que puede aliviar.

Estas peculiaridades hicieron que se cuestionara la forma de hacer regresar un cultivo ancestral que ahora es exitoso en otras partes del

mundo y que ha generado una industria mundial de grandes ingresos anuales.

En el siglo XX, la importancia comercial del Aloe vera data de los años setenta, cuando se inició la primera explotación intensiva de ciento cincuenta hectáreas para fines industriales en el estado mexicano de Tamaulipas, justo en la frontera con Texas. Posteriormente, las plantaciones de sábila fueron expandiéndose lentamente por todo el mundo hasta llegar a nuestro actual milenio, cuando, año tras año, su cultivo va en constante aumento. Los mercados más atractivos para la venta de productos elaborados con Aloe vera son aquellos donde hay un poder adquisitivo medio-alto y una cultura por el consumo de sustancias de calidad que benefician la salud humana. Es obvio, por tanto, que los países miembros de la OCDE sean los principales mercados para el Aloe vera.

Por su interés como planta de amplios beneficios para la humanidad y por la importancia que tiene a

nivel industrial, el estudio de la sábila, debe ser una línea de investigación obligada para los científicos y profesionales involucrados en las diferentes partes del proceso. Los agrónomos Yolanda López, Alberto Moreno y Luis Jiménez han realizado un estupendo trabajo al elaborar una guía de cultivo con base científica, bien documentada y, sobre todo, de lectura muy amena.

La importancia de crear este tipo de publicaciones es crucial para obtener cultivos bien logrados, aplicando buenas prácticas agrícolas y facilitando la vida a quienes ponen su trabajo y empeño en hacer producir la tierra. Recuerdo una frase: «*Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre*», lema de la Universidad Autónoma Chapingo (México).

Me resta invitarles a leer este libro y a que, a partir de lo aquí aprendido, surja el interés por seguir conociendo más, no sólo sobre la planta de aloe vera, sino acerca de todo lo que representan las buenas prácticas agrícolas.

Juan Eduardo Martínez Montiel
Ingeniero Agrónomo (México)

Introducción



Desde los albores de la humanidad, la perspicacia de los hombres en utilizar los recursos naturales le han conferido aptitudes para la supervivencia, lo que nos ha hecho evolucionar. Por ello sería imposible concebir a las distintas civilizaciones sin las especies vegetales, tanto leñosas como herbáceas. Durante muchos años, culturas y pueblos muy diversos buscaron y utilizaron las propiedades naturales de las plantas, que fueron utilizadas como remedios efectivos para combatir enfermedades, paliar malestares o mejorar la higiene personal. El aloe vera fue y sigue siendo una de aquellas plantas.



En líneas generales, las plantas oriundas de las zonas cálidas y secas, incluso desérticas, que componen la cuenca del Mediterráneo, África y Arabia toleran muy bien los periodos de sequía, pero, por el contrario, no pueden sobrevivir a temperaturas diurnas bajo cero, heladas prolongadas o anegaciones de agua. Al ser plantas adaptadas a sobrevivir en zonas cálidas de ambiente seco, presentan adaptaciones que incluyen características anatómicas y fisiológicas. La succulencia es una de dichas adaptaciones, definida por el desarrollo de un tejido especializado en almacenar agua, de células alargadas y paredes ajustadas a su función. Para poder alojar esta pulpa vegetal se requiere de una diferenciación foliar, en el caso concreto de los aloes, de las raíces o del tallo, en el caso de los cactus. Por ello, las especies que forman el género *Aloe* tienen hojas carnosas, es decir, son plantas crasas.

Aunque las cualidades beneficiosas del Aloe vera sobre la salud humana vienen avaladas por milenios de historia, algunas han sido confir-



madas por estudios científicos actuales realizados en casi todo el mundo. Por ello, esta planta ha tomado, durante los últimos años, un gran desarrollo en campos tan diversos que van desde la vida rural (cultivo) hasta el comercio (venta de productos derivados del aloe), pasando por la ciencia (medicina, botánica, química...) y la industria (alimentaria, farmacéutica...). Empresarios, agricultores e investigadores han visto en ella un recurso muy útil para la elaboración de productos aplicados a la vida del ser humano: medicamentos, cremas dermatológicas, aditivo de alimentos y bebidas, etc.

Desde hace milenios, la planta de aloe vera ha tenido ciertas connotaciones místicas o divinas, debido a sus propiedades medicinales, lo cual está plasmado en las escasas publicaciones realizadas sobre la misma. Por ello, con la presente obra sus autores pretenden fijar las bases para el cultivo del aloe vera, un aspecto poco tratado hasta hoy pero muy necesario por la expansión del mismo en países que hasta hace pocos años apenas lo tenían implantado, algunos, como España, con referencias históricas de su cultivo, todo ello motivado por el creciente interés a nivel mundial que va teniendo la industria y el comercio en esta planta.

Aloe barbadensis Miller es el nombre científico del aloe vera o sábila, cuyo género botánico abarca unas 400 especies que crecen en suelos pobres, áridos o incluso de-

sérticos de las regiones cálidas tropicales y subtropicales (templadas). Hoy día es una especie con prospectiva de importancia estratégica para el desarrollo rural de zonas con cultivos agrícolas deprimidos, como pueden ser el olivar o los cítricos en los campos andaluces, ante la elevada rentabilidad que alcanza el aloe vera, cuyo mercado actual se halla sin excedentes y con una gran demanda. Por otro lado, el establecer este tipo de plantaciones, justo en aquellas zonas agrarias cuyos cultivos no satisfacen las expectativas económicas de sus agricultores, contribuye a mejorar la rentabilidad comarcal y a generar empleos agrarios (poca mecanización), así como a evitar la erosión en tierras de labor tradicionales, disminuir la contaminación de acuíferos por fertilizantes (producción ecológica), complementar el paisaje vegetal mediterráneo y favorecer la estabilización del suelo. A nivel social, el aloe vera es un cultivo que presenta numerosas aplicaciones para la vida cotidiana: complemento de alimentos (dieta mediterránea), higiene personal, cosmética, sustancias dermatológicas, etc.

Resumiendo, el Aloe vera es una planta que aporta múltiples beneficios para el medio ambiente y la sociedad rural. Acerca de lo primero, porque las plantas adultas mitigan significativamente los procesos erosivos, ya sean hídricos o eólicos, al impedir el impacto de la lluvia directamente sobre la tierra desnuda y al

disminuir la velocidad del viento que de la superficie del suelo arrastra sus componentes orgánico-minerales, ayudando así a mantener la fertilidad, estructura y textura del mismo. Respecto a lo segundo, porque las plantaciones de aloe ofrecen un incremento en la rentabilidad económica de las tierras en comparación a otros cultivos tradicionales, cuyos mercados están ya muy saturados o monopolizados. A esto último se añade la poca mecanización del cultivo, lo cual exige contratar mano de obra rural para realizar las labores del mismo, produciendo un efecto dinamizador para la comarca.

En España, los retos necesarios para incrementar el desarrollo del aloe vera, pasan principalmente por establecer una buena normativa legal aplicable a la planta (cultivo ecológico) y su industria, perfeccionar las técnicas de cultivo, incentivar la capacitación de los aloecultores y realizar campañas para la divulgación e identificación de ambientes con potencialidad para cultivar aloe, como lo es toda la Vega del Guadalquivir, donde juegan un papel importante la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de las heladas, zonas inundables, etc.

1.- Orígenes e historia



La planta de Aloe vera es originaria de las costas nororientales africanas y de Arabia. Su nombre genérico "Aloe" proviene del término árabe "alloe",



Fig. 1.1. Zona de origen del Aloe vera.

que significa sustancia brillante y amarga. Se le denomina también con el nombre de sábila.

Las más antiguas representaciones pictóricas del Aloe vera han sido halladas en sepulcros y monumentos funerarios del Antiguo Egipto. Sin embargo, la primera referencia documental conocida sobre "aloecultura" corresponde a unas tablillas sumerias de arcilla cocida, donde se describen las propiedades naturales y medicinales de la planta, las cuales constituyen el mayor testimonio arqueológico de la importancia que tuvo esta especie vegetal en Mesopotamia y, a una mayor escala, para todas las civilizaciones humanas de la Edad Antigua. Estas virtudes terapéuticas también fueron explotadas por los egipcios. Así, el Papiro Ebers relata fórmulas medicinales donde la planta de Aloe vera ocupaba un papel destacado. Por otra parte, algunos investigadores creen que su jugo formaba parte del ungüento empleado para embalsamar a los faraones del Antiguo Egipto.

Cabe suponer que la planta de Aloe vera, como tantas otras especies vegetales útiles para la humanidad, fue introducida en toda la cuenca del Mediterráneo desde Oriente Próximo. Los mercaderes fenicios fueron quienes extendieron, junto a otros cultivos como el olivo, su empleo por todo el mundo grecorromano. Los antiguos mercaderes difundieron el uso del Aloe vera por el imperio persa, donde se utilizó como planta medicinal a par-



Fig. 1.2. Dioscوريدes (40-90 d.C.).

tir del siglo VI a. C. En esa misma centuria fue también usada en la India.

Dioscوريدes presentó su obra *De Materia Médica* en el siglo I d. C. Cuatro centurias después (año 512) este libro fue ilustrado por un meticuloso artista bizantino, quien incluyó entre sus dibujos una bella representación a color del Aloe vera. Para los habitantes de la Edad Media y el Renacimiento, la obra de Dioscوريدes fue la más importante referencia sobre Botánica Medicinal en toda Europa y Asia Occidental.

Plinio el Viejo (siglo I d. C.), en su obra *Historia Natural*, también describió a la planta de Aloe vera en los mismos términos que Dioscوريدes. Hacia el siglo II d. C., el aloe ya era parte importante de la medicina occidental, siendo profusamente utilizada por médicos romanos.

Tras el derrumbe del Imperio Romano, los numerosos pueblos que habían formado parte del mismo siguieron utilizando su herencia cultural. Así, los conocimientos médicos de Roma continuaron en los acerbos culturales de los diversos pueblos romanizados.

A partir del siglo VIII, los árabes, grandes conocedores de las virtudes que poseía esta planta, fueron los primeros que transformaron el Aloe vera en un extracto comercial, usándola tanto por vía oral como cutánea. Con prensas de madera, bien de viga y quintal o de husillo central y palanca, machacaban las hojas para extraer la savia y la pulpa. Seguidamente, almacenaban el

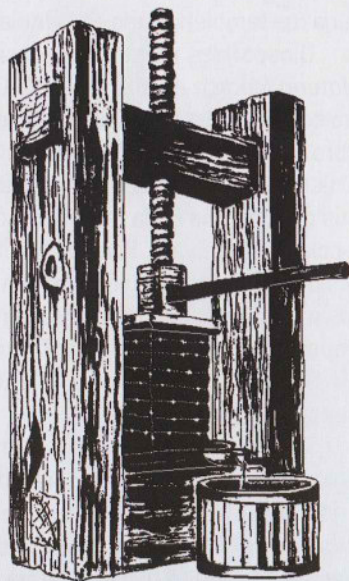


Fig. 1.3. Antigua prensa de tornillo central hecha en madera

jugo en pieles de cabra y luego la secaban al sol. El polvo de aloe resultante lo utilizaban, entre otros fines terapéuticos, como laxante.

Durante todo el Medievo, y bajo el dominio musulmán, existieron en al-Andalus grandes plantaciones de Aloe vera, debido a que los árabes eran entusiastas propagadores del uso medicinal que tenían el acíbar, cuyo líquido utilizaban a menudo como purgante, y el gel. A ellos debemos la difusión del aloe por Europa, y especialmente por la Península Ibérica y toda la cuenca mediterránea, donde se impuso además como planta ornamental. En la undécima centuria la planta fue citada numerosas veces por las obras de Avicena (980-1037), filósofo, arquitecto y médico árabe, siendo utilizada para tratar diversas enfermedades y dolencias humanas pero también como aroma en pebeteros puestos a los pies de los mercaderes. Un siglo más tarde (s. XII), Averroes (1126-1198) escribió lo siguiente: «Las medicinas más apropiadas para estos residuos son los purgantes a base de acíbar con especias de seis clases. Se debe procurar que el acíbar empleado sea de excelente calidad y esté limpio». Según relata el botánico Pío Font Quer (1888-1964), en su obra *Plantas Medicinales (el Dioscórides renovado)*, en al-Andalus había grandes plantaciones de Aloe vera. China utilizó la forma resinosa de la especie (acíbar), que fue como se la exportaban los árabes.



Fig. 1.4. Cristóbal Colón (1451-1506), retratado por Sebastiano del Piombo (1485-1547) en 1519

En los albores de la Edad Moderna fue introducida en el continente americano por Cristóbal Colón (Fig. 1.4), seguramente desde las Islas Canarias, debido a que la planta era utilizada como medicina para su tripulación. En esos años, España seguía teniendo plantaciones considerables de Aloe vera, probablemente las dejadas como herencia de la pretérita invasión musulmana. El Renacimiento (s. XV-XVI) significó una profusa utilización del Aloe vera y los registros históricos así lo constatan. Paracelso, médico y alquimista suizo, lo incluyó en su famosa obra *Botánica Oculta*, publicada por primera vez en 1529, mencionando sus propiedades para curar las quemaduras y los envenenamientos de la

sangre. La planta era común en los “jardines y tiestos” de casi toda la Italia renacentista.

Pero durante la Modernidad (s. XV-XVIII), el destino del Aloe vera tomó dos rutas bien distintas. Por un lado, en toda la cuenca mediterránea, Oriente Medio, la India y el Nuevo Mundo (recién implantado), siguió utilizándose para un sin fin de aplicaciones, mientras que para los europeos del norte su empleo quedó reducido a un simple purgante.

La especie se desarrolló en América Central, desde donde los comerciantes la importaban para su consumo masivo hacia otros continentes. El Aloe, transportado en los navíos de los conquistadores colombinos, fue posteriormente difundido



Fig. 1.5. Paracelso (1493-1541).

por los misioneros jesuitas en México, actualmente primer productor mundial. En los siglos XVI y XVII las plantas de aloe crecían abundantemente por todo el sur de la Península Ibérica (España y Portugal). En el continente americano, los aloes quedaron implantados en Puerto Rico, República Dominicana, Jamaica, Barbados, México, América Central, Florida y la parte norte de Sudamérica.

Los libros médicos del siglo XVII citan el Aloe vera muy esporádicamente, haciéndolo tan solo en su faceta de purgante digestivo, lo que perduró hasta los años 30 del siglo



Fig. 1.6. Ejemplar de Aloe purpurea, obra del botánico holandés Abraham Munting [1626-1683].



Fig. 1.7. Ejemplar de Aloe vera pintado por Hans Simon Holtzbecker entre 1649-1659.

XX. En cambio sí fue muy retratado el género aloe por numerosos botánicos de la época, como Abraham Munting o Hans Simon Holtzbecker.

En las Islas Canarias, aunque seguramente ya se cultivaba desde su conquista europea (siglo XV) o incluso antes (época prehispánica), la primera descripción histórica del aloe la realiza Fray José de Sosa, al describir una plaga de langosta, como testigo de la misma, que asoló las islas en 1659: «En este mismo año (1659) a quince del mes de Octubre entró la cigarra en esta Isla que destruyó los sembrados y demás cosechas en toda ella, y aún se extendió a todas las demás a quienes sucedió lo mismo, por cuya causa hubo mucha es-

terilidad y hambre, que duró hasta el año de mil seiscientos sesenta y dos, de tal suerte que no quedó cosa verde, mayormente en esta Isla, de Gran Canaria, pues hasta las hojas de las palmas que son fuertísimas y las hojas de sábila que no hay animal por inmundo que sea que las coma, ellas las destruían, y cuando no tenían ya ni había hoja verde en las plantas y yerbas se comían las cortezas de los árboles, y esto en tanta manera que muchos se secaron, y después que no hallaban que comer se servían de alimento unas a otras» [Topografía de la isla afortunada de Gran Cana-

ria, 1678].

El historiador Griffith Hughes [1707-1758], en su libro *Historia Natural de Barbados* [1750], relató lo siguiente acerca del Aloe vera: «Cada esclavo lleva tres o cuatro cubos. Cortan las hojas cerca de la raíz y las colocan en ellos con la parte cortada hacia abajo y como las hojas poseen venas o vasos longitudinales, el jugo [de color amarillo-verdoso] desciende por ellos hasta gotear. Posteriormente lo hierven durante cinco horas en una caldera de cobre con lo cual se evaporan sus partes acuosas y el resto, una vez suficientemente hervido, adquiere una consistencia como de azúcar» [Book VI, p. 154].

La *Enciclopedia o Diccionario razonado de las ciencias, artes y oficios*, obra de Diderot y D'Alembert [1751-1772], representa el Aloe vera en una de sus láminas, concretamente la nombrada como "Cirugía, frontispicio".

Aún a finales del siglo XIX había en la España peninsular, por las zonas costeras de Málaga y Granada, grandes extensiones cubiertas de Aloe vera, según atestigua el botánico alemán Heinrich Moritz Willkomm [1821-1895] —G. A. López González [2006]: *Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*, Tomo II, pág. 1441—.

En su *Diccionario de los Productos Económicos de la India*, publicado en 1885, Sir George Watt incluyó la planta de Aloe vera, sobre cuyo hábi-



Fig. 1.8. Lámina del siglo XVIII perteneciente a la Enciclopedia de Diderot y D'Alembert, donde se muestra una planta de aloe vera en su cuadrante inferior izq.

tat escribió lo siguiente: «Hay muchas sub-variedades de esta planta que se han encontrado cultivadas por toda la India, algunas de las cuales han crecido en estado salvaje, como, por ejemplo, en la costa del sur de la India. Sin embargo, todas las formas de esta

especie deben ser descritas como nativas del norte de África, desde Marruecos hacia el Este; de las Islas Canarias y del sur de España. Durante mucho tiempo han sido cultivadas en las islas de las Indias Occidentales, Jamaica, Antigua y Barbados, donde fueron introducidas en una fecha reciente desde las Islas Canarias».

2.- Distribución geográfica mundial



Dados los factores limitantes que presenta el cultivo del Aloe vera para su óptimo desarrollo, los mejores condicionantes físicos los tienen aquellas zonas que proporcionen climas calurosos con suficiente agua y suelos adecuados, principalmente países que se ubican cercanos a los trópicos (ver Tabla 2.1).

Según datos de ALOETRADE, la superficie cultivada en México ronda las 14.000 hectáreas, de las cuales el 50 % se desarrolla bajo régimen de riego y el otro 50 % bajo condiciones de temporal (secano). A nivel mundial, México lidera la producción agrícola de Aloe vera. Las principales regiones mexicanas que cultivan esta especie son, de mayor a menor superficie, Tamaulipas (89,9 % del total nacional en 2010), San Luis de Potosí, Morelos, Yucatán (550 ha en 2010) y Puebla.

Venezuela es el segundo productor mundial con mayor superficie

sembrada de Aloe vera: unas 9.800 hectáreas (dato facilitado por H. J. Piña). Si bien este país tiene arraigo en la producción de gel, gran parte de las áreas cultivadas están destinadas a la producción de acíbar, encontrándose plantaciones con altos niveles de plantas por hectárea.

Por su parte, República Dominicana, según datos del Consejo Científico Internacional del Aloe (IASC: International Aloe Science Council), se posiciona como el tercer país iberoamericano en superficie plantada con 3.500 hectáreas.

Estados Unidos presenta una superficie aproximada de 650 hectáreas, teniendo en cuenta el trabajo del IASC titulado: *World aloe cultivation, production and market*, que principalmente se ubican en el estado de Texas. Dicho valor no ha experimentado muchas variaciones durante los últimos diez años, debi-

PAÍS	HECTÁREAS CULTIVADAS	%
México	14.000	36,07
Venezuela	9.800	25,25
China	6.500	16,75
República Dominicana	3.500	9,02
Tailandia	1.500	3,86
Estados Unidos	650	1,67
Costa Rica	520	1,34
Uganda	380	0,98
Colombia	330	0,85
India	300	0,77
Brasil	290	0,75
Malasia	270	0,70
España	250	0,64
Guatemala	200	0,52
Australia	100	0,26
Argentina	100	0,26
Chile	70	0,18
Ecuador	50	0,13
TOTAL CONSIDERADO	38.810	100,00

Tabla 2.1. Algunos países productores de Aloe vera en el mundo según datos de 2004 a 2011.

do a que algunos empresarios estadounidenses han ido estableciendo paulatinamente plantaciones en otros países del continente, como México (Tamaulipas), República Dominicana o Costa Rica. Por ello, sí se ha visto notablemente incrementada su industria y comercio (venta) de bienes finales manufacturados con aloe, al importar la materia prima desde grandes países productores.

El país que más ha desarrollado el negocio en Centroamérica es Costa Rica, como consecuencia de la mayor cantidad de hectáreas implantadas y la existencia de industrias transformadoras. En Costa Rica existen unas 520 hectáreas cultivadas. Casi todos los países de América Central tienen plantaciones de *Aloe barbadensis* Miller. Tanto Guatemala como Honduras, el Salvador o Nicaragua tienen

unas pocas hectáreas dedicadas a este cultivo, debido a que productores minifundistas lo han introducido aprovechando programas oficiales de apoyo para la implantación de nuevos cultivos en zonas con escasez hídrica no permanente (semi-áridas).

España es el país que lidera la producción europea de aloe, seguido por Italia y Portugal, si bien no es uno de los principales consumidores de materias primas o productos terminados, cuyas primeras posiciones las ocupan Alemania, Reino Unido, Francia e Italia. En España la principal región productora es el archipiélago de las Islas Canarias, con aproximadamente unas 150 hectáreas plantadas. Además, hay cerca de 50 hectáreas dedicadas al aloe vera en la Península Ibérica, concentradas la mayoría en Andalucía (sobre todo Cádiz, Córdoba y Sevilla), que representa el 80 % de la producción peninsular, Murcia y Valencia, casi todas ellas distribuidas en explotaciones que no superan las tres hectáreas de superficie. Por último, Mallorca también posee algunas áreas importantes de producción. En toda España, hay cultivadas entre 200-250 hectáreas de aloe, si bien la tendencia futura es la de aumentar esta superficie.

En Sudamérica destaca, en primer lugar, Colombia, con 330 hectáreas (dato de 2009). Brasil también tiene implantado ya el cultivo de Aloe vera en la región de Mina Gerais, con una

superficie de 290 hectáreas. Chile tiene algunas hectáreas cultivadas en la Cuarta Región, con plantas de *Aloe barbadensis* Miller que fueron importadas de Venezuela. Según estimaciones de Aloetrade, la superficie total cultivada en Chile no supera las 70 hectáreas. La península de Santa Elena es uno de los mayores focos de producción de sábila en Ecuador, donde hay unas 50 hectáreas. En Bolivia, existen algunas hectáreas cultivadas cerca de La Paz y en Santa Cruz de la Sierra. También se da el cultivo en Paraguay y Uruguay.

Otros lugares donde tradicionalmente se ha cultivado la sábila en el continente americano, desde su descubrimiento por Cristóbal Colón, son Barbados, Curazao, Aruba y Cuba.

Aunque África es el hábitat natural del género Aloe —allí crecen de forma espontánea todas las especies mundialmente cultivadas por su interés comercial—, no destacan en este continente las plantaciones de *A. barbadensis* Miller, pero sí las de otras especies y variedades como *A. ferox* en Sudáfrica, de la que fundamentalmente obtienen aloína. Aun así, Uganda tenía 380 hectáreas de superficie cultivada con Aloe vera en 2007.

En Asia el área más importante de cultivo está en China, donde se explotan aproximadamente unas 6.500 hectáreas de Aloe vera. Tailandia, India y Malasia son otros de los grandes productores asiáticos.

3.- Aspectos biológicos



Por su aspecto, los aloes parecen cactus, pero en realidad su género botánico (*Aloe*) ha sido tradicionalmente clasificado en la familia de las Liliáceas, junto al ajo, la cebolla y el espárrago. El investigador inglés Tom Reynolds (2004) los consideró posteriormente como una nueva familia: las Aloáceas. Actualmente, pertenecen a las Xantoroáceas, subfamilia Asfodeloideas, unas plantas monocotiledóneas nativas de regiones templadas a tropicales, usualmente de hábitats áridos del Viejo Mundo: la Cuenca del Mediterráneo, África y Arabia. El género más conspicuo de la familia es *Aloe*, formado por plantas perennes, xerófitas y suculentas, es decir, que se adaptan a los hábitats con baja o errática disponibilidad de agua. Fisiológicamente, se caracteriza por la capacidad que tienen sus especies de almacenar grandes volúmenes de agua en el tejido vegetal interior, así como de utilizar el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), por el cual se adapta la foto-

síntesis a las condiciones físicas de los climas áridos.

Los aloes tienen unas hojas verdes y carnosas cubiertas por una cutícula gruesa o corteza y una pulpa interior clara donde se almacena el agua. La corteza de la hoja representa en torno a un 20-30 % del peso total de la planta entera y la pulpa, sobre un 65-80 %. La composición físico-química de los aloes difiere según las especies y variedades, el clima y las condiciones de crecimiento.

La mayoría de las especies del género *Aloe* forman densas inflorescencias anuales, en panículas o racimos, con pequeñas flores tubulares de color amarillo a rojo. Pero la flor del Aloe vera se debe cortar, evitándose así la polinización, que daría lugar a híbridos con propiedades distintas a la especie de origen. Por ello, es preferible reproducirlo por esquejes, un método de multiplicación asexual que además resulta muy prolífico para esta especie, conservándose así la pureza genética de la población.



Fig. 3.1. *Aloe barbadensis* Miller.

Aloe barbadensis var. Miller es una especie acaule o de tallo grueso muy corto (máximo 10 cm) del cual brotan en roseta, extendidas o ascendentes, de 10 a 25 hojas verdosas y lanceoladas hacia el ápice hasta unos 30-60 cm de longitud, con márgenes dentados, un ancho en la base de unos 5-8 cm y un grosor medio de 1 a 3 cm, este último muy vinculado a las condiciones de humedad. Solo unas pocas especies de aloe tienen importancia comercial, siendo considerada el Aloe vera como la más potencial en cuanto a la producción de gel y acíbar. El sistema radicular lo constituye una raíz principal de 5-10 cm de largo y unos 5 cm de diámetro, que a su vez está conformada por varias (5-15) raíces secundarias de las que se originan otras tantas raicillas terciarias.

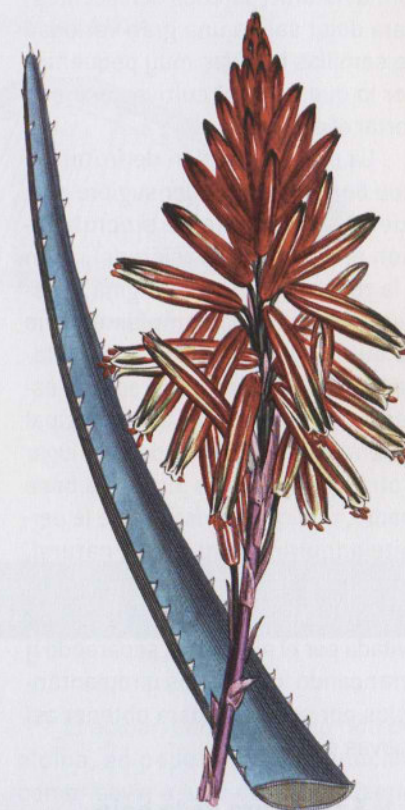


Fig. 3.2. Hoja y flor de Aloe vera.

dente hacia el ápice de la inflorescencia, siendo péndulas en la madurez. El gineceo está formado por tres carpelos soldados y presenta ovario súpero de tres lóbulos, todo ello rodeado exteriormente por seis estambres libres con largos filamentos que arrancan de la base floral. Tanto el cáliz como la corola constan de tres piezas coloreadas. La fecundación de la flor produce un fruto seco, capsular y alargado, cuyo pericarpio se abre de forma natural (paredes dehiscentes) para dejar salir a una gran variedad de semillas híbridas muy pequeñas, por lo que para su cultivo conviene cortar el escape.

La poca formación de frutos en *Aloe barbadensis* Miller sugiere que, además de la falta de sincronización entre la maduración del polen y la receptividad del estigma, existe un mecanismo complementario de autoincompatibilidad que limitaría la reproducción sexual en esta especie. Por otro lado, el tallo principal genera rizomas que pueden dar lugar a otras plantas hijas junto a la base madre, una característica que le permite adquirir, en su medio natural, formas muy extensas y compactas. Esta multiplicación asexual suele ser evitada por el aloecultor, separando y arrancando los hijuelos y replantándolos por separado para obtener así nuevas plantas.

3.1. Estructura de la hoja

Dando un corte transversal a cualquier hoja madura de aloe vera, se

pueden distinguir claramente tres tipos de tejidos (capas), que desde fuera hacia dentro son: la corteza o piel, una capa gruesa de color verde que protege y envuelve a la pulpa; los canales para la distribución de agua y sales minerales (xilema), azúcares (floema) y aloína (tubos pericíclicos), un jugo amarillento y amargo; y la pulpa, donde se halla el gel de aloe, una sustancia cristalina y constituida mayoritariamente por agua, ya que su materia seca es inferior al 1 %.

3.1.1. Capa externa o corteza

Da solidez a la hoja y se compone por múltiples capas entremezcladas de células flexibles y resistentes con cloroplastos que forman un tejido epitelial coriáceo. Los estomas permiten el intercambio líquido y gaseoso con el exterior, mientras que las células van sintetizando los componentes orgánicos que necesita la planta: carbohidratos, grasas y proteínas.

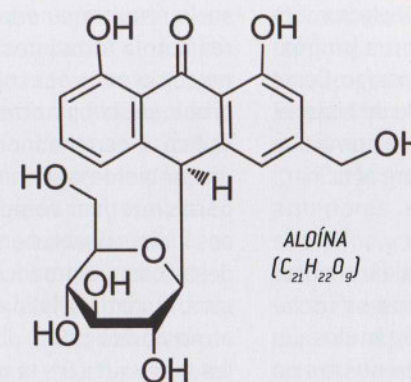
3.1.2. Capa fibrosa o tejido conductor

En el interior de la pulpa, justo por debajo de la corteza y adyacentes a la misma, se hallan dispuestos unos haces vasculares, a modo de pequeñas vainas. El número de dichos haces varía según sea el tamaño de las hojas y su edad. Esta capa está compuesta por tres tipos de vainas tubulares:

a) Xilema: que transporta el agua y las sales minerales desde las raíces hasta las hojas.

b) Floema: distribuye los materiales orgánicos elaborados en las hojas hacia el resto de la planta.

c) Tubos pericíclicos: almacenan y transportan el acíbar a lo largo del margen de las hojas.



SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA HOJA

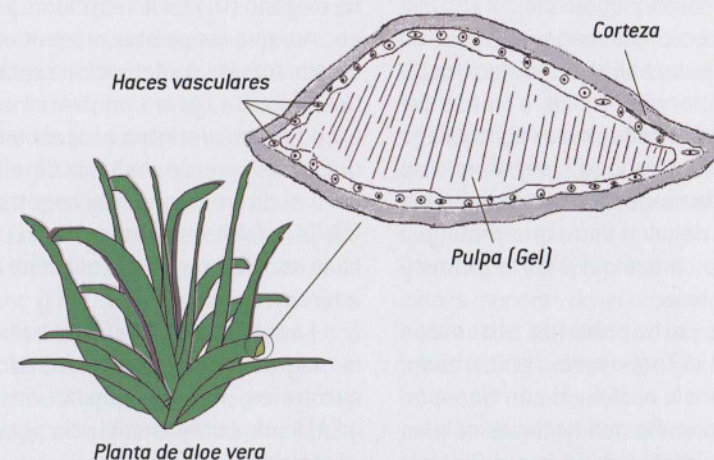


Fig. 3.3. Estructura química de la aloína [imagen superior] y sección transversal de una hoja de aloe vera [imagen inferior].

El acíbar, un compuesto rico en aloína, es popularmente conocido como "savia o jugo de aloe", siendo empleado por la industria farmacéutica como ingrediente activo para elaborar laxantes, aunque su función

biológica es proteger a la planta contra los posibles predadores (animales), debido a su sabor amargo. Como ya se indicó en el capítulo de historia, el vocablo aloe tiene un origen árabe y probablemente se refiere al acíbar.

3.1.3. Pulpa o corazón

Técnicamente, la pulpa es la parte carnosa de la hoja, donde se incluyen las paredes y los orgánulos celulares, mientras que la sustancia mucilaginoso (gel) es todo el líquido viscoso situado en el interior de las células parenquimatosas.

Esta capa, la mayor en volumen de la hoja, se halla formada por un tejido celular esponjoso, a través del cual se va produciendo el mucílago cristalino y acuoso (gel), donde se ubican la mayoría de los principios activos del aloe vera, que protege a la planta de cualquier corte producido en la hoja.

Los carbohidratos obtenidos durante la fotosíntesis en cantidad superior a lo necesario son transportados por el floema hacia las células parenquimatosas de la pulpa, quedando allí almacenados. El agua, las sales minerales y el ácido málico, una sustancia orgánica formada en el metabolismo de las plantas CAM, también se transportan a la pulpa, sirviendo esta de reserva hidráulica y energética para la planta.

3.2. Fotosíntesis

Dentro de las características generales del Aloe vera se hace nece-

sario resaltar su especial forma de realizar la fotosíntesis, que se define como un proceso físico-químico propio de las plantas por el cual se utiliza la materia inorgánica del medio ambiente y la energía solar (luz) para sintetizar compuestos orgánicos indispensables en el crecimiento, desarrollo y reproducción de las mismas. A partir del dióxido de carbono atmosférico (CO_2), de sales minerales y agua (H_2O), la planta es capaz de sintetizar azúcares en presencia de la luz solar, con desprendimiento de oxígeno (O_2) en la reacción.

Aunque las plantas presentan diversas formas de actuación metabólica, en esta obra no entraremos a estudiar los distintos procesos bioquímicos que se realizan en ellas, pero sí diremos que hay tres tipos: C3, C4, y CAM. Esta última vía, la utilizada por Aloe vera, es la que aquí nos interesa.

La ruta metabólica C3 se halla en la mayoría de los organismos fotoautótrofos, mientras que las vías C4 y CAM sólo están en algunas plantas vasculares.

Las plantas CAM presentan un alto grado de adaptabilidad al medio, donde sus modificaciones anatómicas y fisiológicas las hacen ser mucho más eficientes que las de tipo C3, por el mejor aprovechamiento del agua y la energía.

Es en ambientes áridos con severas deficiencias hídricas, ya sean constantes o estacionales, donde las plantas CAM funcionan como auténti-

cos especialistas en optimizar el uso del agua, siendo capaces de reducir hasta su tasa de crecimiento a favor de la supervivencia. Todo lo contrario pasaría si las condiciones de crecimiento fuesen inmejorables: la producción vegetal sería muy elevada.

Otro tipo de adaptación propio de las plantas con metabolismo CAM, y que acrecienta la eficiencia hídrica de aquellas, es la capacidad de almacenar agua en su estructura vegetal, siendo denominadas plantas crasas, como el Aloe vera. El tejido suculento permite que la reserva hídrica en él contenida pueda circular por toda la planta durante los periodos de sequía. Para captar el agua suelen disponer de un sistema radicular muy desarrollado, pero no en profundidad sino superficialmente.

Las plantas CAM tienen la capacidad de abrir sus estomas durante la noche y cerrarlos por el día, minimizando así las pérdidas de agua en la planta. Constituye, por lo tanto, un mecanismo adaptativo más y una ventaja ecológica en lugares donde la disposición de agua es un factor limitante.

Todas estas adaptaciones hacen que las plantas CAM sean eficientes frente a climas y ambientes con déficit hídrico, otorgándoles, a la vez, cierta tolerancia contra el estrés hídrico severo al que se pueden ver sometidas de una forma u otra.

3.3. Bioquímica del gel

El estudio bioquímico del aloe vera, fundamentalmente con técnicas de

cromatografía y de microscopía electrónica, ha permitido identificar a los principales componentes del gel. Este interés radica en sus ya conocidas propiedades terapéuticas.

Como ya se ha indicado en líneas anteriores, el gel es una sustancia cristalina y mucilaginoso que se almacena en la pulpa de la hoja del Aloe vera. Presenta un contenido en agua superior al 99 % y un pH ácido (en torno a 4,5), dependiendo estos valores de los factores abióticos: agua, temperatura, luz, humedad, suelo, etc. La elevada acidez del gel puede ser debida por el almacenamiento de ácidos orgánicos en las células de la pulpa, tales como el ácido málico.

Muchos investigadores han procurado establecer los principios activos del gel de Aloe vera. Su análisis bioquímico ha revelado que lípidos (5 %) y proteínas (9 %) representan las fracciones menores de su peso seco. Por el contrario, el contenido de azúcares solubles (28 %) y de cenizas (23 %) es relativamente alto. Los minerales que más predominan son el sodio y el potasio, cuya respectiva función es la distribución de agua y la reparación de tejidos. Finalmente, los compuestos de mayor proporción son los polisacáridos no amiláceos, unas cadenas lineales de moléculas formadas por glucosamano, y la lignina, que representan el 35 % de la materia seca. El tamaño y la estructura de dichos polisacáridos causan que la solución acuosa del tejido suculento aumente su viscosidad y opacidad.

3.4. Variedades

El aloe vera tal y como es mundialmente conocido hoy en día, se corresponde con la especie *Aloe barbadensis*, denominación adoptada por abundar esta planta en la isla de Barbados, a pesar de ser originaria de las costas nororientales africanas. La especie se ha clasificado a su vez en tres variedades:

3.4.1. Miller o vulgaris

Nombre adoptado en honor al taxonomista suizo H. Miller, quien se dedicó al estudio de dicha variedad importada por los comerciantes portugueses. Miller la llamó *vulgaris* debido a su gran abundancia en comparación con las otras dos variedades existentes. De gran rendimiento comercial, su expansión se produjo desde Arabia hacia Marruecos, pasando por Islas Canarias y Cabo Verde. Actualmente, también se cultiva en muchos países del continente americano.

3.4.2. Humilis

Originaria de Sudáfrica, recibió este nombre por su menor tamaño, presentando hojas pequeñas y alargadas de color verde azulado, lo cual hace que su rendimiento comercial sea menor al de *vulgaris*.

3.4.3. Mitriformis

Esta variedad presenta hojas anchas y cortas, en forma de corazón, con tendencia a expandirse radialmente al llegar al suelo. Su nombre le fue atribuido por su parecido a la forma de una mitra. Aunque sus hojas son ex-

traordinariamente carnosas, debido a su menor tamaño, resulta menos productiva que la variedad *vulgaris*.

3.5. Otras especies del género aloe

Haciendo una distinción botánica del género Aloe según sea su tallo y hojas, resultan tres grandes grupos: acaules [1], de tallo reducido pero visible [2] y de tronco amplio y ramificado [3]. En el primer grupo se incluyen los aloes de tallos blandos y muy cortos (no visibles) cubiertos de hojas formando grupos de rosetas, al cual pertenecen las especies *barbadensis*, *aristata* y *saponaria*. La segunda división está compuesta por plantas de tallo leñoso y corto, pero visible, donde se incluyen *A. succotrina*, *A. chinensis*, etc. Por último, el tercer grupo lo forman aloes con troncos leñosos y ramifi-



Fig. 3.4. *Aloe arborescens*. Acuarela de Patricia Schmidt.

cados formando arbustos que pueden alcanzar varios metros de altura, como sucede con *A. ferox*, *A. arborescens*, etc.

3.6. Etnobotánica

La Etnobotánica estudia las relaciones entre los seres humanos y los vegetales, siendo su principal objetivo los conocimientos sobre las plantas y sus utilidades en la vida cotidiana tradicional, constituyendo este vínculo una cultura popular, un patrimonio intangible, que no debería caer en el olvido.

La utilización del aloe vera en medicina popular es antiquísima. Se

ha empleado eficazmente como purgante, cicatrizante, colagogo (estimula la expulsión de la bilis), etc. El acíbar amargo se utiliza como laxante o reconstituyente digestivo, y el gel es aplicado sobre la piel para curar eccemas, quemaduras, etc. Su empleo actual está más vinculado a los productos manufacturados (gel, cremas, champús, etc.).

Por último, la especie también se utiliza para decorar parques, jardines, rotondas viarias, etc. En el ámbito doméstico, además de ser una planta ornamental, resulta práctico tener aloe vera cultivado en un tieso, por ser un gran remedio curativo.

4.- Condiciones edafoclimáticas ↓

Las plantas de Aloe vera presentan una gran adaptabilidad en cuanto a su altura sobre nivel del mar, clase de suelo y clima. Tienen un mejor desarrollo en aquellos climas cálidos y secos con temperaturas de 18-40 °C y alturas de 0-1.500 metros sobre el nivel del mar, pudiendo llegar incluso hasta los 2.500 m. En cambio, las bajas temperaturas, el exceso de humedad y los terrenos mal drenados afectan considerablemente a su de-

sarrollo, pudiendo provocar la necrosis de las hojas y de la raíz.

4.1. Suelo

El suelo es una mezcla de sólidos orgánicos e inorgánicos, aire, agua y microorganismos. Todas estas fases influyen entre sí: las reacciones de los sólidos afectan la calidad del aire y del agua, que a su vez desgastan a los primeros, y los microorganismos catalizan muchas de dichas reacciones.

Textura del Suelo	Porosidad Total [%]	Densidad Aparente [g/cm ³]	Capacidad de Campo CC [%]	Marchitez Permanente PMP [%]	Agua máx. disponible [% peso seco]
Arenoso	32-42	1,55-1,80	6-12	2-6	4-6
Franco-arenoso	40-47	1,40-1,60	10-18	4-8	6-10
Franco	43-49	1,35-1,50	18-26	6-10	10-14
Franco-arcilloso	47-51	1,30-1,40	23-31	12-15	12-16
Arcillo-arenoso	49-53	1,25-1,35	27-35	14-18	14-18
Arcilloso	51-55	1,20-1,30	31-39	16-20	16-20

Tabla 4.1. Propiedades físicas del suelo según su textura [Orson W. Israelsen y Vaughn E. Hansen, 1985]

Las propiedades físico-químicas del suelo que afectan al desarrollo de las raíces y, por consiguiente, al crecimiento de la planta son su profundidad, la textura (ver tabla 4.1), el encharcamiento del suelo, la salinidad y el contenido de nutrientes. El Aloe vera, como podremos comprobar, es poco exigente a la riqueza fértil del sustrato donde se ubique la plantación, siendo una planta muy versátil que puede crecer tanto en te-

renos terregosos, como rocosos o pedregosos.

4.1.1. Profundidad

Morfológicamente, la profundidad de un suelo viene definida por la aparición de la roca madre. Sin embargo, se debe considerar la profundidad útil para el desarrollo adecuado de las raíces de Aloe vera.

En términos generales, una profundidad útil mínima sería la com-

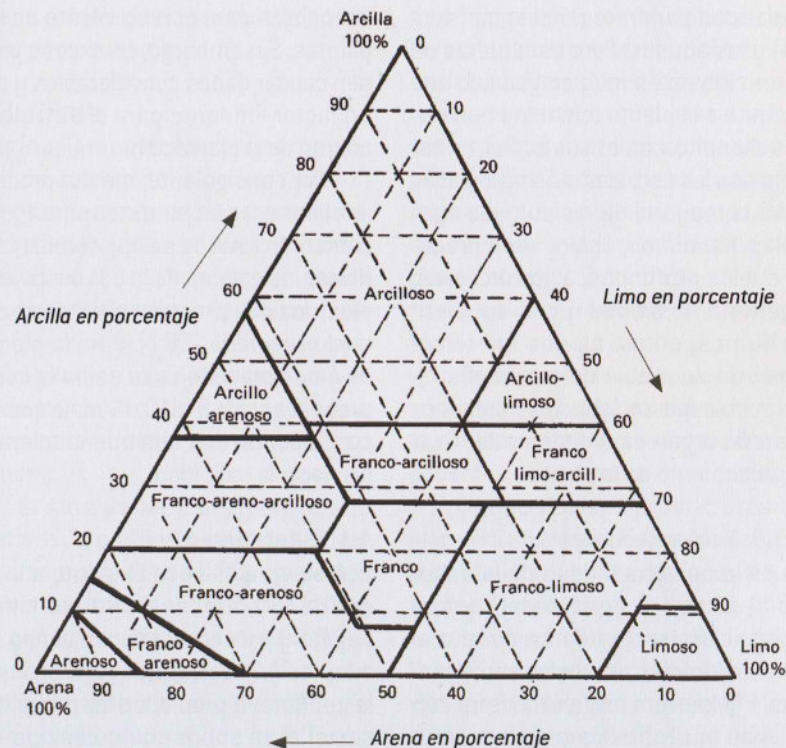


Fig. 4.1. Gráfico para determinar la textura del suelo.

prendida entre los 50-60 cm, ya que sus raíces tienden a expandirse superficialmente.

4.1.2. Textura

La textura edáfica óptima para el cultivo del Aloe vera es la de suelos francos con elevados porcentajes de arena y limo (25-50 %) y poco de arcilla (10-25 %). Estas proporciones generan ventajas físico-químicas: mejor aireación, facilidad de labrar (arena), resistencia a la compactación, buen drenaje y a la vez buena capacidad para retener el agua (arcilla) y los abonos. Pero esta fuerza de retención no es muy elevada, lo que permite a la planta tomar los nutrientes disueltos en el suelo. Por tal razón, son las texturas más apropiadas para la mayoría de los cultivos agrícolas. Asimismo, el Aloe vera prefiere suelos profundos, algo calcáreos, ligeramente ácidos y con suficiente humus, mientras que los terrenos con ausencia de calcio (Ca^{2+}), de poco espesor, básicos o con poca materia orgánica, pueden ralentizar el crecimiento de la planta.

4.1.3. Encharcamiento

La elevada sensibilidad de la especie al exceso de agua, hace que sus exigencias texturales en cuanto al encharcamiento del suelo sean elevadas. El Aloe vera exige una tierra con buenas aptitudes para drenar, esto es, una textura ligera y bien aireada que no produzca encharcamientos indeseables, lo cual ocasionaría una

merma en el rendimiento de la planta (crecimiento, volumen de las hojas, etc.) o incluso la muerte de la misma, sobre todo cuando la planta todavía es joven. Las pequeñas inclinaciones o pendientes del terreno siempre favorecen este drenaje, aunque si las condiciones texturales del suelo son aptas, la plantación puede ser ubicada sobre terrenos llanos.

4.1.4. Salinidad

Las sales solubles están presentes en todos los suelos y aportan elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, en exceso pueden causar daños considerables y ser un factor limitante para el establecimiento de la plantación.

Por consiguiente, resulta preciso analizar este factor determinando el contenido total de sales solubles mediante los valores de la conductividad eléctrica que presenta el extracto del suelo saturado (CE_{es}). Para la planta de Aloe vera este valor se halla comprendido entre 8 y 10 dS/m, lo que se corresponde con una buena tolerancia hacia la salinidad.

4.1.5. Nutrientes

El Aloe vera es poco exigente a la riqueza fértil del sustrato en donde vegeta y presenta una capacidad de adaptación edáfica muy elevada que le confiere la propiedad de poder desarrollarse sobre cualquier tipo de tierra, desde suelos poco fértiles, pobres o marginales hasta los muy ricos en materia orgánica-mineral.

Pero las condiciones edáficas óptimas expresadas con anterioridad no son un impedimento para implantar el cultivo de Aloe vera en cualquier otro tipo de suelo, incluso en aquellos con altos porcentajes de pedregosidad o niveles de pH extremos (ácidos y alcalinos), ya que se trata de una especie muy adaptable a los condicionantes agroambientales. Por otro lado, cuanto más difiera el suelo del óptimo, la planta crecerá con mayor lentitud. Los aloes no crecen sobre áreas pantanosas, pero sí en zonas áridas que no resultan aptas para otros cultivos.

4.2. Clima

Originariamente, las primeras zonas de cultivo del Aloe vera fueron las grandes extensiones áridas influenciadas por el clima mediterráneo, como toda la cuenca homónima (norte de África, España, Italia...) y la parte sur de Sudáfrica. En este tipo de hábitat los aloes disponían, aparte de mucha luz, de suficiente agua como para no tener que recurrir a su reserva.

El Aloe vera es una planta que prefiere un ambiente seco de temperaturas entre 18 y 40 °C, regímenes pluviales de 400 a 2.500 mm/año y humedades relativas entre 65-85 %. Sin embargo, aunque sobrevive bien a ella, durante una sequía prolongada no crece a no ser que se le incorpore agua (riego). Por este motivo, el cultivo del aloe necesita de una instalación de riego para que las plantas

continúen creciendo durante la estación menos lluviosa.

Para el desarrollo de sus hojas, el Aloe vera requiere una temperatura óptima entre 20 y 25 °C. Aunque soporta bien las elevadas temperaturas del estío, la planta puede acusar un retraso en su crecimiento si aquellas se prolongan en el tiempo. No aguanta bien las heladas prolongadas (< -2 °C) ni los cambios bruscos de temperatura entre la noche y el día.

Por sus características biológicas, el Aloe vera se adapta muy bien a condiciones agroambientales desfavorables para su cultivo. Esta versatilidad ha hecho que, a pesar de ser originariamente un cultivo asociado a climas áridos o semiáridos mediterráneos (Fig. 4.2), hoy día su cultivo se haya extendido por Asia, Europa, África, Oceanía y América, en zonas de clima subtropical donde se da su variante cálido-húmedo. Estos nuevos territorios conquistados por el Aloe vera se han convertido en verdaderas zonas especialistas en cultivar la planta, siendo actualmente los grandes exponentes de la producción mundial.

Algunos países productores de Aloe vera en el mundo son: México, Estados Unidos, España, Italia, Venezuela, Rep. Dominicana, Sudáfrica, Chile, Israel, China, India y Australia. Generalizando, se podría decir que casi todos ellos presentan, entre otros, un clima subtropical o mediterráneo.

A continuación, se describirán dos regiones climáticas donde se cultiva el Aloe vera, uno mediterráneo

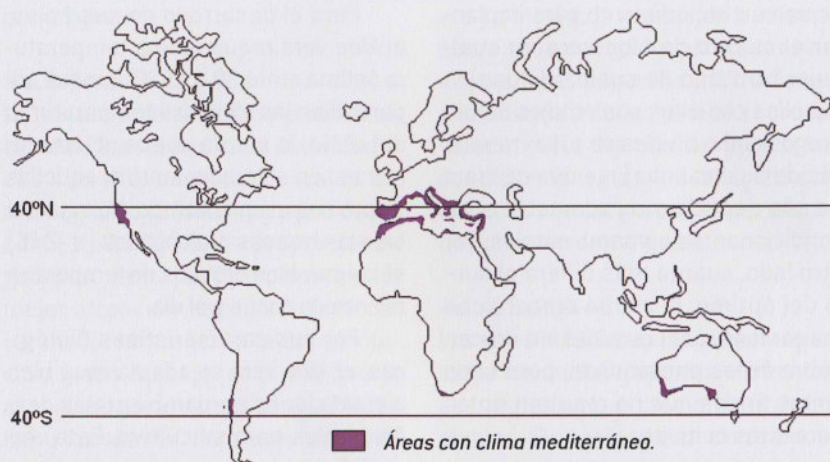


Fig. 4.2. Arriba: mapa de distribución del clima mediterráneo en el mundo. Abajo: paisaje que ofrece la Vega del Guadalquivir en Andalucía (España); foto: A. Moreno.

(Andalucía, España) y otro subtropical (Tamaulipas, México), pudiendo

extrapolar ambas zonas a otros países con un clima similar.

4.2.1. Clima mediterráneo andaluz (España)

Las numerosas condiciones edafo-climáticas que presenta el territorio andaluz ayudarían a explicar su gran diversidad agrícola (cultivos) y forestal. A la escasez hídrica se une como especial característica del ciclo hidrológico mediterráneo su extrema estacionalidad, en la que se marca un agudo déficit estival (verano cálido y seco). En líneas generales, los balances hídricos en Andalucía son acusadamente deficitarios en una geografía climática que respecto al extenso territorio presenta una gran diversidad. Como tendencia global podríamos apuntar el constante aumento de la aridez conforme avanzamos hacia el Este hasta obtener su paroxismo en el Sureste andaluz, actual provincia de Almería, que anota una isoyeta media por debajo de los 300 mm anuales en la mayor parte de su territorio. Hacia el Oeste, por el contrario, la influencia del océano Atlántico permite unos registros muy superiores en el valle del río Guadalquivir y unas precipitaciones abundantes en los relieves de Sierra Morena y las cordilleras Béticas, que actúan como verdaderas reservas hídricas para la región. En todo caso, la sequía estival resulta genérica en las tierras aptas para cultivos agrarios y ha limitado el desarrollo de producciones extensivas de verano como el maíz u otras plantas forrajeras. Históricamente, las producciones

vegetales que han podido superar la estación seca se han obtenido en las huertas y vegas tradicionales, donde se producían aportaciones artificiales de agua [riego].

En líneas generales, casi todo el territorio andaluz podría englobarse dentro del clima mediterráneo, caracterizado por inviernos cortos de suaves temperaturas, veranos cálidos y precipitaciones irregulares no muy elevadas, que se concentran entre la primavera y el otoño, siendo ausentes casi por completo durante la estación seca [verano]. Una mirada en profundidad a su interior permitiría establecer una fragmentación climática de la región, que partiría de ir diferenciando zonas costeras, de interior y de montaña, las cuales han llevado a establecer un total de seis tipos climáticos para la comunidad andaluza:

- Mediterráneo oceánico: zona costera del Atlántico.
- Mediterráneo subdesértico: costa de Almería.
- Mediterráneo subtropical: costa mediterránea de Cádiz, Málaga y Granada.
- Mediterráneo sub-continental de inviernos cálidos: valle del río Guadalquivir.
- Clima de montaña: Sierra Nevada, Serranía de Ronda, Sierra de Baza, etc.

— Mediterráneo sub-continental de inviernos fríos: todo el territorio restante. (Ver mapa climático de la Fig. 4.3).

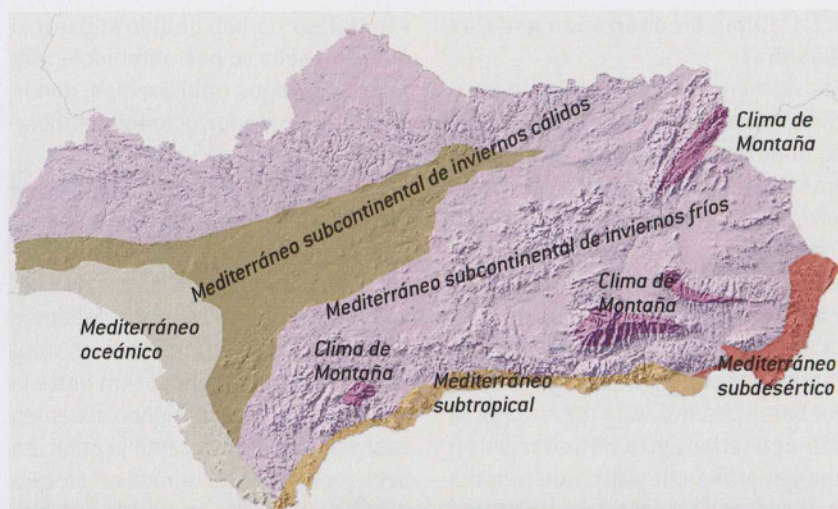


Fig. 4.3. División del clima mediterráneo en Andalucía.

De todos ellos, los cuatro primeros resultan potencialmente adecuados para el cultivo del Aloe vera, pudiendo darse también sobre algunas zonas del sub-continental de inviernos fríos.

4.2.2. Clima subtropical de Tamaulipas (México)

En Tamaulipas existen diferentes zonas climáticas que varían entre sí según tres elementos geográficos fundamentales: altitud, latitud y su proximidad con el Golfo de México. El Trópico de Cáncer se constituye como una referencia divisoria: en las zonas centro y norte del estado prevalece un clima cálido con escasas lluvias distribuidas a lo largo del año, mientras que al sur se registran otros más calurosos y relativamente

húmedos con abundantes lluvias en verano.

La zona sur, dominada por las cadenas montañosas de la Sierra Madre Oriental, presenta de oeste a este un clima que varía de sub-frío a cálido, pasando por templado, y de seco a sub-húmedo, debido a la orografía del terreno, que cambia de montañoso a llano respectivamente. Mientras que las planicies costeras del centro-noroeste muestran un paisaje adornado por pastizales y plantas cactáceas, las del sureste y noreste destacan por los numerosos cultivos agrícolas de secano y regadío.

En base a las anteriores consideraciones, pueden diferenciarse tres zonas climáticas tamaulipecas que marcan diferencias acusadas entre sí:

— Clima subtropical semi-seco y semi-cálido de la zona centro-noroeste.

— Clima subtropical seco a húmedo y sub-frío a semi-cálido de la Sierra Madre Oriental.

— Clima subtropical sub-húmedo y cálido de la zona sur-sureste.

Es en esta última zona, cuyo eje central puede ser el municipio de González, donde se han establecido las grandes plantaciones de Aloe



Fig. 4.4. Mapa climático de Tamaulipas (México).

vera, que han experimentado un crecimiento dinámico en la superficie cultivada durante los últimos años. El resto del territorio de Tamaulipas

está dominado por un clima sub-húmedo con lluvias en verano que oscila entre templado y semi-cálido. Ver mapa climático de la Fig. 4.4.

5.- Propagación



Los aloes, como cualquier otra especie vegetal, se originan a partir de una planta progenitora o madre. La reproducción sexual implica la creación de flores en donde se de-

sarrollan los gametos, que tras la fecundación originan el cigoto, que madura hasta formar la semilla.

Sin embargo, también pueden reproducirse asexualmente, bien empleando métodos de propagación vegetativa o por esquejado. En ambos casos, el genotipo de la planta madre se preserva, dando lugar a individuos genéticamente iguales o clónicos.

5.1. Reproducción sexual

La planta de Aloe vera contiene los órganos femeninos y masculinos en la misma flor, pero sin embargo no se auto-poliniza, es decir, que necesita de al menos otra planta para fertilizarse, usando el polen ajeno de una sobre sus pistilos. Tampoco funciona entre plantas esquejadas, es decir, entre una madre y sus hijuelos, siendo necesario tener dos plantas genéticamente distintas. Sin embargo, este procedimiento sexual de propagar la especie no se utiliza en la práctica dada la ocurrencia del fenómeno



Fig. 5.1. Inflorescencia del Aloe vera.

de hibridación. Además, la plantación así cultivada sería poco eficaz y de un interés económico reducido para el aloecultor.

5.2. Multiplicación vegetativa

La propagación vegetativa o asexual del Aloe vera es rápida y fácil, siendo realizada por medio de retoños o hijuelos que se desarrollan alrededor de la planta, los cuales pueden ser trasplantados directamente sobre la tierra de cultivo. Para efectuar una nueva plantación se utiliza generalmente la propagación por hijuelos obtenidos de otras plantaciones o reproducidos en viveros especializados.

Los retoños pueden separarse cuando tengan al menos 20 cm, presenten la forma de roseta característica de la planta madre y posean también raíces bien desarrolladas, si no su aclimatación y posterior crecimiento serán más lentos. La primavera es la mejor estación del año para llevar a cabo esta operación, aunque si la plantación está en riego puede realizarse durante cualquier mes.

Para impedir la formación de plantas híbridas, como efecto de la posible polinización por parte de otras especies, hay que cortar las flores del aloe una o dos veces al año. Cuando los rebrotes alcanzan una altura de 20 cm pueden separarse ya de la madre, sino sus hojas perderían verticalidad. De todos modos, hasta los trece años puede sobrevivir una planta adulta sin acusar sensiblemente una reducción de su pro-

ductividad. Los hijuelos pueden ser plantados directamente o introducidos en bolsas de polietileno para ser almacenados en vivero. El desahijado es una labor necesaria que favorece a la planta madre, además de al agricultor (beneficios por venta), ya que se pueden generar competencias por el agua y los nutrientes del suelo.

La propagación clonal por cultivo *in vitro* constituye uno de los métodos biotecnológicos que mayores logros ha dado a un sin fin de cultivos agrícolas. Actualmente, se aplica en la producción masiva de plantas hor-



Fig. 5.2. Hijuelo de Aloe vera obtenido por cultivo *in vitro*

tícolas, aromáticas, medicinales, frutícolas, ornamentales y forestales.

Aunque Aloe vera se propaga de forma vegetativa en su estado natural, su tasa de propagación resulta ser demasiado lenta para la producción comercial de plántulas. Por ello, el cultivo *in vitro* de tejidos de Aloe constituye una opción biotecnológica para conseguir la propagación clonal rápida del cultivo, recomendada para especies vegetales que presentan bajos índices de multiplicación, logrando así

la producción masiva de hijuelos libres de cualquier patógeno que pueda inhibir el desarrollo y posterior aprovechamiento económico del cultivo. Es posible la regeneración *in vitro* de Aloe vera empleando, por ejemplo, un medio de cultivo constituido por sales minerales, vitaminas, agar (0,7 %), sacarosa (6 %) y ácido indolbutírico (1 mg/l). Para desinfectar el tejido vegetal se recomienda utilizar un 3 % de hipoclorito sódico (NaClO) durante 10 minutos en agitación constante.

6.- Técnicas de cultivo



Para cultivar Aloe vera se deben aplicar una serie de tareas a lo largo de su periodo vegetativo, todas ellas encaminadas a conseguir que la planta se desarrolle con las mejores condiciones agronómicas posibles para que sus producciones sean las más óptimas. El principal problema que han tenido los agricultores a la hora de implantar el Aloe vera ha sido la inexistencia de publicaciones que traten sobre su cultivo, a pesar de que durante los últimos años ha crecido el número de investigadores interesados por sus propiedades agroalimentarias y medicinales. Como consecuencia de la poca rentabilidad agroeconómica obtenida en otros cultivos tradicionales, muchos agricultores se han decidido a plantar Aloe vera para subir sus ingresos por hectárea, lo cual ha incrementado notablemente la superficie mundial cultivada por esta planta, pero sin llegar aún a cubrir la demanda total. Queda todavía pendiente la realización de investigaciones científicas

orientadas a la mejora de las técnicas de cultivo que permitan avanzar hacia la optimización de la producción y la calidad del producto.

Las actuaciones para incrementar la rentabilidad y el aprovechamiento del Aloe vera se pueden resumir en:

— Debe implantarse un plan de mejora para las técnicas de cultivo que permitan optimizar la producción y la calidad del producto, así como perfeccionar las técnicas de post-cosecha.

— Es imprescindible incrementar los estudios de selección y mejora de la especie, así como las técnicas de propagación de la misma.

— Debe incentivarse la investigación en los procesos de industrialización (productos de interés alimentario, farmacológicos, cosméticos, etc.) y difundir los beneficios que tiene la planta para la sociedad. Todo ello permitirá el aprovechamiento de las hojas de mayor calidad.

— Por último, resultaría conveniente ir creando Denominaciones

de Origen del Aloe vera, como elemento fundamental para defender un estándar de calidad en las zonas integradas, que sin duda redundará positivamente sobre productores y consumidores.

A continuación, se plantearán las técnicas de cultivo tradicionales que han venido siendo empleadas por los aloecultores.

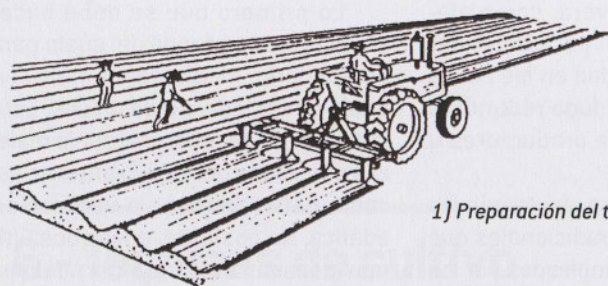
6.1. Preparación del terreno

Aunque no es una especie muy rigurosa en lo que a la preparación del suelo se refiere, las plantas de Aloe vera necesitan un suelo con buena estructura, por lo que se hace necesario el mantenimiento de las condiciones físico-químicas y biológicas apropiadas, además de prevenir la erosión del terreno. Para ello, se puede utilizar cualquier sistema donde se logre crear un medio adecuado que asegure cierto enraizamiento y contribuya al crecimiento y desarrollo de las plantas.

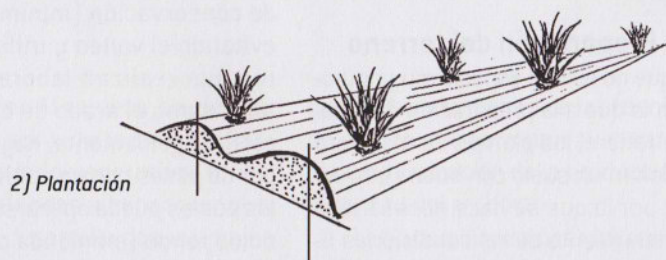
Antes de iniciar la plantación, es aconsejable realizar un análisis físico-químico del suelo que se pretende cultivar con aloe, para conocer así sus niveles de nutrientes y las mejoras que se pueden realizar. El momento de llevar a cabo este análisis puede ser un mes antes de preparar el terreno para establecer la plantación. Si se realiza riego tradicional (inundación), es necesario nivelar la superficie de la parcela en donde se piensa efectuar la plantación, lo que no será necesario si se utiliza un sistema de riego localizado.

Lo primero que se debe hacer es una labor profunda del suelo para desfondarlo, mediante un pase con arado de vertedera o de discos. Esto servirá para incorporar al suelo malezas y residuos del cultivo anterior, así como para favorecer la ventilación edáfica. No obstante, en las dos últimas décadas el manejo del suelo ha evolucionado hacia una agricultura de conservación (mínimo laboreo), evitando el volteo y utilizando aperos que realizan laboreo vertical, tales como el arado de cincel ("chisel"). Seguidamente, hay que dar un par de pases con un cultivador, entre los cuales puede aplicarse un abonado de fondo (enmienda orgánica) si se cree oportuno. Este rastreo servirá para deshacer los terrones existentes de la operación anterior. El número de pases con el cultivador dependerá del suelo (textura) y del momento en que se realice dicha labor, siendo conveniente hacerla cuando los terrones de tierra se desmoronan fácilmente al apretarlos con la mano, ya que si se hace a posteriori éstos pueden estar secos y requerirán un paso más de rastra.

La posterior apertura de los hoyos puede realizarse sobre surcos (bordes) o en suelo llano. El asurcado se realiza con un apero específico enganchado al tractor, denominado aporcadador o conformador. En terrenos muy inclinados, el asurcado se realiza siguiendo las curvas de nivel, con lo que se disminuyen las pérdidas por erosión y se logra



1) Preparación del terreno



2) Plantación



Fig. 6.1. Preparación del terreno y plantación [*].

una mejor distribución y aprovechamiento del agua de lluvia. Es preferible, para conseguir pencas muy desarrolladas y de la mejor calidad posible (gel y acíbar), que los hoyos de siembra tengan materia orgánica, ya incorporada con el abonado de fondo. La preparación del suelo debe comenzar 45 días antes de iniciar la plantación propiamente dicha y tomando en consideración que las diferentes labores a realizar deben hacerse cuando el suelo no esté demasiado húmedo ni seco, sino en tempero.

Pero en muchos lugares, tal y como menciona el investigador venezolano H. J. Piña Zambrano, la sábila es cultivada sin apenas una preparación previa del terreno, basada ésta en una simple deforestación menor, si procede, y en un ahoyado para poder efectuar la posterior siembra de hijuelos. Por ello, es importante que se produzca un cambio de actitud agronómica en los futuros aloecultores, para obtener así plantaciones de primer nivel que den hojas de gran calidad y con un peso económicamente rentable para el productor. Desde un punto de vista técnico y medioambiental, se recomienda el mínimo laboreo (agricultura de conservación), por ser punto medio entre la plantación directa con "labranza cero" y los laboreos tradicionales (volteo, gradeo...), aunque también hay agricultores (Tamaulipas) que prefieren seguir con el uso intensivo de maquinaria para la pre-

paración del suelo antes de realizar la plantación.

6.2. Plantación

Al tener un sistema radicular poco profundo, la plantación del Aloe vera es una labor sencilla, que se realiza por medio de hijuelos vigorosos con un año de vida y una longitud de 20 a 25 cm.

Se pueden utilizar dos tipos de hijuelos: los que, una vez desahijados, han sido almacenados a la sombra fuera de tierra y no presentan una raíz "activa" o aquellos ya enraizados provenientes de un vivero.

En el primer caso, una vez efectuada la plantación, los hijuelos van tomando un color amarronado, ya que, debido a la inexistencia de un sistema radicular desarrollado, las plantas no podrán extraer alimento del suelo y se mantendrán con la humedad propia hasta llegar al estrés hídrico, momento en el cual comenzarán a desarrollarse las raíces. Estos hijuelos no deben ser irrigados hasta que hayan enraizado.

Los hijuelos procedentes del vivero deben ser trasplantados directamente a la parcela definitiva. Para ello, las plántulas de aloe se retiran de la bolsa o maceta y son inmediatamente colocados en los hoyos de plantación, que se cubrirán con tierra hasta la roseta (base foliar). Finalmente, se realiza el denominado riego de plantación.

En ambos casos, el ahoyado presenta unos 20 cm de profundidad y unas dimensiones en el surco de

20x20 cm, donde cada hijuelo es enterrado hasta la base de sus hojas, apisonando luego toda la tierra circundante a la planta para no dejar bolsas de aire y evitar así posibles pudriciones en la raíz. Además, resulta conveniente fijar el cultivo de Aloe vera en terrenos ligeramente inclinados para que las plantas puedan drenar con más facilidad el exceso de agua procedente de la lluvia o el riego. Por otro lado, pendientes elevadas favorecerían la erosión del terreno.

En el diseño de la plantación, es necesario también que haya facilidad para sacar las hojas en el momento de la recolección. Por ello, es recomendable dejar calles con un ancho de tres a cuatro metros cada 15 hileras para la libre circulación de los camiones o remolques tractoreados que se vayan a utilizar durante la recolección. Aparte de las calles entre hileras hay que dejar un camino en las cabeceras, transversal a las líneas de cultivo, también para la salida y entrada de vehículos.



Fig. 6.2. Plantación joven para producir gel en España [*]

6.2.1. Época de plantación

Si presenta instalación de riego, la plantación puede realizarse prácticamente durante cualquier mes del año. Sin embargo, para las cultivadas en secano la plantación se debe realizar cuando comienzan las primeras lluvias de primavera, estación en la cual el Aloe vera inicia su ciclo de crecimiento anual (desarrollo foliar).

6.2.2. Marco de plantación

El número de aloes por hectárea puede variar en función del emplazamiento geográfico (clima, pendiente...), de las condiciones físico-químicas del suelo (pH, drenaje...), etc., oscilando entre 2.500 y 25.000 plantas, dependiendo de si se cultiva para producir gel o acíbar y si la plantación es de temporal (secano) o regadío. Uno de los factores principales a tener en cuenta en el cultivo del Aloe vera es la exposición solar, ya que la planta necesita una elevada luminosidad anual para su buen desarrollo.



Fig. 6.3. Plantación adulta para producción de acíbar, Falcón (Venezuela). Foto: Z. Lugo, H. Piña y A. Fernández (2010)



Fig. 6.4. Plantación de aloe con regadío en Lanzarote (Islas Canarias, España). Foto: Cabildo de Lanzarote



Fig. 6.5. Aloe vera de secano cultivado en Venezuela. Foto: H. J. Piña

En plantaciones de secano y terrenos inclinados, el marco es de 2 metros entre hileras y plantas, con lo que se obtiene una densidad vegetal de 2.500 plantas por hectárea. En el caso de ser un terreno con pendiente muy ligera (planicie), la distancia entre plantas puede reducirse a 1 metro, aumentando la densidad a 5.000 plantas por hectárea.

En plantaciones de regadío, el máximo rendimiento de hojas por planta tiene lugar con el marco mínimo de 80 cm entre hileras y 50 cm entre plantas, equivalente a 25.000 individuos por hectárea. Por contra, las labores de recolección para este marco se hacen difíciles por la longitud que alcanzan las hojas del aloe, que llegan a medir hasta 60 cm de largo. Por ello, una cuadrícula de plantación aconsejable podría oscilar entre 80x80 cm y 1x1 m, equivalentes a 15.625 y 10.000 individuos por hectárea respectivamente, fa-

cilitando así las labores del cultivo (desyerbe, recolección...) y el buen desarrollo de las hojas.

6.3. Riego

El riego es una técnica obligada en aquellas zonas tradicionalmente dedicadas al cultivo del Aloe vera, permitiendo además alcanzar elevados rendimientos en la producción de hojas. Al ser una planta suculenta, es muy resistente a la falta de agua y, en general, a la sequía, por lo que antes de volver a regar es conveniente que la tierra esté seca. Si se riega con frecuencia, el exceso de humedad origina pudriciones en la raíz y las hojas. Por el contrario, la falta de agua hace que la planta de aloe consuma su propio recurso hídrico almacenado en todo el volumen foliar, lo cual se manifiesta en que las hojas aparezcan replegadas hacia el interior.

Todo ello nos indica la versatilidad que presenta el cultivo del Aloe vera,

capaz de tomar el agua de lluvia o riego y almacenarla en sus hojas, aumentando éstas de volumen y peso, pudiendo utilizar este recurso hídrico para su propia subsistencia en caso de sobrevenir alguna sequía o bien quedarse sin agua el pozo de riego.

Para una correcta programación del riego es necesario conocer de manera bastante precisa la cantidad de agua que se debe aplicar, así como el momento de irrigación más adecuado y el método más idóneo a emplear con el fin de realizar una distribución homogénea del mismo.

6.3.1. Calidad del agua de riego

El Aloe vera, al igual que los cultivos permanentes de hoja perenne o caduca, suele ser más sensible a una irrigación de baja calidad que los cultivos herbáceos anuales. Un agua de riego con malas cualidades agronómicas puede aumentar la salinidad en el suelo, afectando a su permeabilidad, así como causar daños a las plantas cultivadas por acumular iones tóxicos en sus tejidos vegetales, como el sodio, cloro, boro, etc.

Para evaluar la calidad que presenta un agua de riego existen diversos índices empíricos (Scott, C.S.R., etc.) de uso generalizado, a través de los cuales obtendremos una indicación de los posibles problemas a tener en cuenta para la posterior toma de decisiones.

6.3.2. Necesidades de agua

Para poder desarrollar una recomendación de riego adecuada, es necesari-

rio conocer la climatología de la zona, especialmente los datos de radiación solar, temperaturas, lluvias, humedad y los vientos dominantes. También influyen las características edafológicas del suelo, que determinan la mayor o menor cantidad de agua disponible y la dificultad con que la planta lo extrae.

Como norma general, se recomienda llevar a cabo pocas irrigaciones pero frecuentes durante la época estival. En el caso de riego por inundación, se puede aplicar cada 20-30 días, con láminas ligeras de 10 a 15 cm, aunque todo dependerá del tipo de suelo en el que se realice la plantación. Para evitar el contacto directo de la planta con la humedad, se debe mantener a la misma en la parte superior del surco (cresta o bordo), procurando que las aguas no lleguen a la base foliar, lo cual afectaría negativamente a la raíz.

En el caso de utilizar el sistema de riego por aspersión o goteo, muy utilizados en aquellas zonas productoras con cierto desarrollo agro-tecnológico, se debe aplicar un promedio anual de 100 litros por planta (4-5 riegos al año). Por otro lado, es preciso cortar el riego entre 15 y 20 días antes de recolectar las hojas, ya que las industrias transformadoras requieren un mínimo contenido de sólidos en el gel.

6.3.3. ¿En qué momento hay que regar?

De forma tradicional, el método habitualmente utilizado para regar se ha fundamentado en la experien-

cia del propio aloecultor, es decir, "a ojo", que ha demostrado ser bastante impreciso. Sin embargo, con la tecnificación del cultivo se comenzaron a emplear otros métodos más objetivos basados en la medición de diferentes parámetros edafoclimáticos con instrumentos específicos (pluviómetro, tensiómetro, etc.).

A nivel práctico, los métodos más empleados actualmente son los que miden la tensión matricial del suelo por medio de tensiómetros, bloques de cerámica o yeso, etc.

Por otra parte, la técnica del riego deficitario controlado no se aplica en el cultivo del Aloe vera, debido fundamentalmente a la falta de investigaciones científicas que hay respecto a la misma sobre dicha especie.

La irrigación ha sido una labor prácticamente nula en el cultivo del Aloe vera, siendo en plantaciones muy recientes cuando se ha comenzado a incorporar el riego por aspersión, orientado hacia la producción de hojas para el aprovechamiento de gel.

La frecuencia de los riegos depende principalmente de dos factores: el tipo de suelo y las condiciones climáticas (temperatura, humedad, vientos...) que predominen.

Cuando se tengan suelos con menos del 30 % de arcilla y más del 30 % de arena, se irrigará cada 15 días, mientras que si se trata de suelos franco-arcillosos los riegos pueden ser espaciados una vez al mes.

Sin embargo, cuando las temperaturas diarias resultan superio-

res a 30 °C, es necesario monitorear la humedad del terreno y no esperar a su secado total. Para ello, se puede instalar un tensiómetro que mida la presión extractiva de la humedad edáfica por parte de las plantas (ver epígrafe 6.8.1).

Una planta de aloe vera con suficiente humedad producirá una hoja nueva cada 15 días, lo cual significa que tendrá seis hojas de cosecha cada trimestre. Sin embargo, cuando la plantación sufre por falta de agua, la producción de hoja disminuye a la mitad y adquiere un peso muy bajo.

6.3.4. Sistemas de riego

El sistema de riego ideal es aquel capaz de aplicar el agua necesaria eficientemente, instalarse con un coste de inversión mínimo, requerir pocas labores de mantenimiento y tener un gasto energético reducido.

6.3.4.1. Riego por inundación

Es el sistema de mayor antigüedad y, actualmente, uno de los más utilizados en agricultura. Requiere de una buena nivelación del terreno, con pendientes inferiores al 1 % y un gran flujo de agua, del orden de 1,6 litros por segundo para cubrir una hectárea.

Su principal ventaja es de orden económico, ya que sobre terrenos relativamente llanos es posible instalar este sistema con un bajo coste. Asimismo, los gastos de mantenimiento son moderados.

La desventaja más importante que presenta es la dificultad para poder

aplicar el agua eficientemente, debido a que las pérdidas por percolación pueden ser elevadas al principio de las tablas de riego, especialmente si el suelo es arenoso. Si el agua es un factor limitante para el cultivo, por ser el aloe vera sensible al encharcamiento, es mejor elegir otro sistema de riego.

6.3.4.2. Riego por surcos

Este tipo de riego, junto al de inundación, conforman las denominadas irrigaciones por gravedad. Al igual que su homólogo, requiere de una buena nivelación del terreno, aunque no tan precisa, con pendientes inferiores al 2 % y un flujo hídrico en torno a 1,2-1,6 litros por segundo y hectárea. Este sistema es adecuado en suelos donde la penetración del agua es lenta. Las ventajas e inconvenientes resultan ser similares a las que presenta el riego por inundación.

6.3.4.3. Riego por aspersión

Se trata del sistema de riego más empleado en las grandes zonas productoras de Aloe vera. Es muy utilizado en terrenos de topografía irregular, no nivelados, o en suelos poco uniformes o porosos, con una velocidad de infiltración excesiva o inadecuada. Por otro lado, si la disponibilidad de agua es limitada, o si requiere de una protección anti-heladas, el riego por aspersión es adecuado. Para su funcionamiento, necesita de un flujo acuoso continuo igual a 1 litro por segundo y hectárea, bastante inferior respecto a los riegos por gravedad.

Entre sus principales ventajas destacan las siguientes: evita pérdidas excesivas por percolación y permite una buena uniformidad en la distribución del agua. Por contra, el inconveniente principal sería la elevada inversión económica que requiere su montaje inicial. Además, el agua de riego debe tener bajos contenidos en sales, ya que podrían depositarse sobre las pencas y ocasionar daños de consideración.

6.3.4.4. Riego localizado (por goteo)

Este último sistema se basa en aplicar pequeños caudales de agua y a baja presión, mediante goteros (emisores), en un volumen de suelo reducido y con un consumo muchísimo inferior a cualquier otro tipo de riego. El flujo de agua en los goteros es variable según la presión, pudiendo estar comprendido entre 2 y 8 litros/hora, si bien los hay auto-compensantes que suministran un caudal fijo con independencia de las variaciones de presión. El sistema debe tener la capacidad para suministrar la máxima demanda diaria en menos de 16 horas, al objeto de tener tiempo para revisiones, averías, atascos, etc.

La principal ventaja del riego por goteo es que permite regar si escasea el agua —o ésta resulta ser costosa—, si la topografía del terreno es irregular o si la permeabilidad que presenta el suelo es inadecuada para otros tipos de riego. El inconveniente más destacado es la obstrucción de

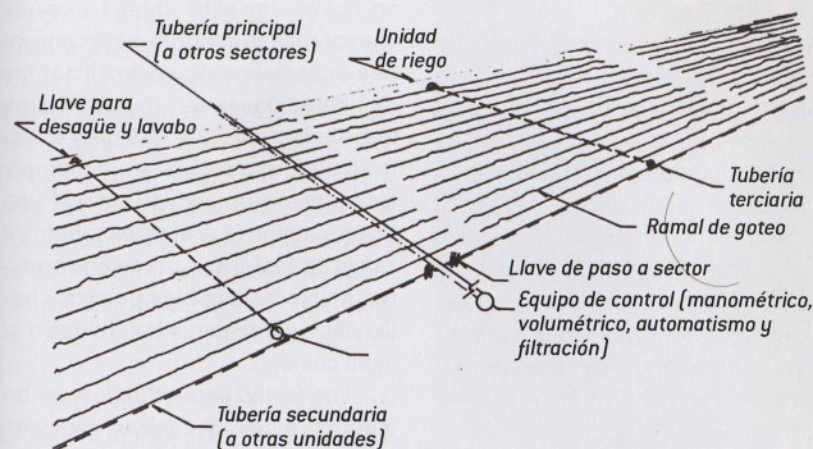


Fig. 6.6. Sistema de riego por goteo: componentes [A. Losada].



Fig. 6.7. Plantación de aloe vera con riego por goteo [*].

los goteros por las partículas del suelo y/o por precipitados de material or-

gánico e inorgánico que pueda portar el agua.

6.4. Fertilización

Cualquier planta necesita tomar del suelo elementos minerales que le son indispensables, en proporciones adecuadas, para lograr su normal desarrollo. Cuando el suelo presenta deficiencias en algún elemento esencial para un cultivo agrícola determinado, su producción vegetal disminuye. Estas carencias pueden ser corregidas, en muchos casos, por simple adición al suelo de compuestos que contengan dicho elemento, es decir, por adición de abonos.

La fertilización es, junto con el manejo del riego, una de las variables agronómicas con mayor influencia en la producción vegetal, tanto en calidad como en cantidad, de casi cualquier cultivo agrícola, especialmente si se realizan ambas tareas de forma conjunta: fertirrigación.

Un óptimo abonado N-P-K puede acelerar el crecimiento de la planta —tanto de su parte aérea (hojas) como subterránea (raíz)—, modificar la composición nutritiva de sus tejidos vegetales —con efectos sobre la reserva de agua—, hacerla más resistente contra el estrés hídrico, las enfermedades o el frío; en definitiva, puede afectar a todos los atributos de calidad que tradicionalmente se consideran en la caracterización agronómica de una planta.

La textura edáfica se debe tener muy en consideración a la hora de fertilizar, ya que un suelo arcilloso tiene más nutrientes que uno areno-

so. Por eso, en este último habrá que abonar más y, para ello, se recomiendan especialmente los fertilizantes de liberación lenta —denominación que alude a su capacidad para transferir, de forma regular en el tiempo, los nutrientes minerales hacia el sustrato—, como la zeolita, el sulfato de calcio, la fosforita..., que contrarrestan mejor las posibles pérdidas por lixiviación debidas a las lluvias o al agua de riego.

Los fertilizantes pueden ser orgánicos (estiércol, cenizas, compost, humus de lombriz, etc.) o inorgánicos (abonos minerales complejos N-P-K). El nitrógeno estimula el brote y vigoriza el desarrollo de las hojas. Por otro lado, el fósforo estimula una mejor estructuración y expansión de los hijuelos del aloe, siendo también importante para fortalecer sus raíces. Por último, el potasio refuerza la estructura celular de las plantas, confiriéndoles una mayor resistencia frente a sequías e invasiones de fitopatógenos.

En su primer año de vida, los requerimientos nutricionales del Aloe vera son principalmente de nitrógeno. A partir del segundo año, tras el primer corte, debe disminuirse la proporción de nitrógeno y aplicar potasio, en forma de sal potásica o sulfato de potasio, en caso de necesitarlo el suelo. Se recomienda que la fertilización fosfórica se aplique justo en el momento de la plantación, en forma de fosfato natural.

Sin embargo, son escasas las publicaciones científicas que tratan sobre las necesidades de nutrientes y la fertilización en el Aloe vera. Los investigadores A. Rodríguez, E. Molina y F. Chavarría (1996) indicaron, para un cultivo de sábila en Guana-caste (Costa Rica), que la mejor dosis de fertilización, en kg/ha, correspondió a 150 kg de nitrógeno (N), 200 kg de fósforo (P_2O_5) y 240 kg de potasio (K_2O).

Tanto los fertilizantes orgánicos como inorgánicos son importantes para asegurar el buen desarrollo de las plantas, pues son elementos que se completan para abastecer de la fertilidad ideal al suelo. Por otro lado, en el cultivo ecológico del Aloe vera se recomienda la utilización de abonos orgánicos, tales como excrementos animales (ovejas, cabras, vacas) o humus, los cuales han aportado buenos resultados. El aplicar fertilizantes químicos está contraindicado por acumular trazas o residuos minerales en las hojas, lo cual es rechazado internacionalmente por las industrias que utilizan esta materia prima (H. J. Piña). Pero los abonos orgánicos, al presentar bajo contenido de nutrientes, tienen que ser aplicados a tasas anuales muy elevadas, en torno a 20 y 40 t/ha, o ser complementados con fertilización mineral procedente de fuentes naturales.

Las plantas de Aloe vera tardan sobre 2-3 meses en formar sus primeras raíces verdaderas, por lo que



Fig. 6.8. Primeras raíces del hijuelo [*].

durante su primer trimestre de cultivo apenas absorberá nutrientes. Una vez realizado el abonado de fondo [enmienda orgánica], se recomienda esperar unos seis meses para volver a fertilizar. Durante los años posteriores resulta conveniente aplicar de 5 a 10 t/ha de abono animal (estiércol), sobre todo en el periodo de lluvias y/o tras el corte de hojas (recolección).

En las plantaciones de aloe cultivadas bajo deficiencias de nitrógeno se produce un escaso crecimiento foliar y una sintomatología peculiar: hojas rojizas con ápices necrosados en las más viejas. La falta de fósforo también se observa por una reducción del crecimiento, pero la co-

loración verde brillante que toman las hojas más jóvenes y la clorosis apical en las maduras es el indicio visual más evidente. La deficiencia de potasio, además de afectar al crecimiento, causa la necrosis basal en las hojas más antiguas, mientras que las jóvenes conservan un color verde-azulado y crecen curvadas hacia el suelo.

6.5. Protección del cultivo

El Aloe vera es una especie que tolera bien el calor y la incidencia de vientos cálidos repentinos. Por el contrario, la planta es más vulnerable a las heladas [ambiente frío].

Cuando se produce una helada intensa con temperaturas bajo cero ($< -2^{\circ}\text{C}$), se rompen los tubos pericíclicos y las células colenquimáticas del mesófilo, introduciéndose las antraquinonas en el gel. Estos tubos toman un color marrón oscuro debido al aumento de pigmentación de las antraquinonas, causando una coloración rojiza de las hojas. Para evitar pérdidas de calidad en el gel por heladas, la única opción es recurrir a la protección del cultivo mediante mantas térmicas.

6.5.1. Manta térmica

La manta térmica puede ser extendida manual o mecánicamente, al igual que un film agrícola, a lo largo de cada hilera de plantación. Debido a su bajo peso (17 g/m^2), se ha de manipular con cuidado para que pueda



Fig. 6.9. Aloe afectado por heladas [*].

ser usada en el siguiente periodo de heladas.

Al colocar la manta térmica siempre debe dejarse un margen, tanto en los laterales como por encima del surco, para permitir el crecimiento libre y seguro de las plantas. Además, ha de colocarse siempre según la dirección predominante de los vientos. El tejido precisa ser fijado en las extremidades a intervalos regulares, lo cual puede hacerse con piedras y/o vertiendo una pala de tierra cada metro.

Otra opción para colocar la manta térmica es en forma de micro-túnel, sistema que permite una ventilación más adecuada del cultivo. Como estructura portante, se utilizan alambres



Fig. 6.10. Plantación de aloe vera protegida con manta térmica en micro-túnel. Foto: A. Moreno

arqueados con forma semicircular y de anchura variable, cuyo diámetro fluctúa en torno al metro. El material más utilizado es el hierro galvanizado, en rondos que suelen tener un calibre de unos 4-6 mm. Los arcos van separados entre sí a una distancia de 1 metro. También se puede recurrir a materiales tradicionales, tales como el mimbre, las cañas, etc. Para una mayor fijación del micro-túnel pueden emplearse cuerdas, estacas, etc.

6.5.2. Acolchado

Con esta práctica se cubre total o parcialmente (una o varias hileras) la plantación con una lámina de plástico. Para ello, se utiliza principalmen-

te polietileno y, en algunos casos, también PVC o incluso copolímeros.

En el cultivo de Aloe vera se puede realizar un acolchado parcial, que consista en recubrir únicamente las líneas de plantación con una lámina plástica (film) cuyo ancho no sea superior al metro.

El uso del acolchado permite aumentar la temperatura del medio ambiente cercano a la planta, lo que acelera el crecimiento del Aloe vera, obteniendo así una mayor producción. También se consigue un mejor aprovechamiento del agua de riego, puesto que al ser los plásticos impermeables tanto al vapor de agua como al propio líquido acuoso, el tempe-



Fig. 6.11. Plantación de Aloe vera con acolchado. Destaca el tallo floral a cortar por su mayor altura respecto a las hojas (*).

ro se mantiene durante más tiempo, máxime cuando se realiza un adecuado manejo del riego; en definitiva, se podrán evitar más fácilmente las fuertes variaciones de humedad en el suelo.

Sandoval y Durán (2005) demostraron la mejora en el crecimiento y desarrollo de la sábila con lámina plástica, ya sea transparente u opaca, proporcionando una mayor altura de plantas, el incremento de la temperatura del suelo y una menor sintomatología de daños por heladas, en comparación a cuando no se usó acolchado.

La colocación del film puede realizarse manualmente o de forma meca-

nizada. En el primer caso, un operario va desenrollando poco a poco la bobina de plástico, mientras que otros dos van recalzando los laterales de las láminas. Pero existen ya máquinas agrícolas automotrices capaces de abrir canaletas para que su fondo aloje los extremos longitudinales de la lámina conforme se va desenrollando. Posteriormente, unos discos van rellenando con tierra las canaletas abiertas quedando el plástico fijado en la superficie del terreno. A continuación, se realizaría la plantación de hijuelos.

Por último, si se utilizan plásticos opacos a la luz, se podrá conseguir además un sistema eficaz para controlar las infestaciones por malas hierbas. En aquellas zonas rurales donde la mano de obra es relativamente barata y no se producen apenas heladas, este acolchado puede sustituirse por un desyerbe manual (ver Cap. 7).

6.6. Desahijado

La separación de los hijuelos que nacen alrededor de la planta madre sirve para evitar la competencia por el agua, la luz y los nutrientes entre sí, ya que cuando no se retiran oportunamente, desmeritan la calidad de las hojas. Esta operación debe realizarse al menos una vez al año, cuando los hijuelos tengan una longitud (altura) mínima de 20 cm, aunque si se desea utilizarlos para establecer viveros es preciso dejarlos alcanzar aproximadamente los 25 cm.

Una vez obtenido el hijuelo, debe almacenarse a la sombra duran-

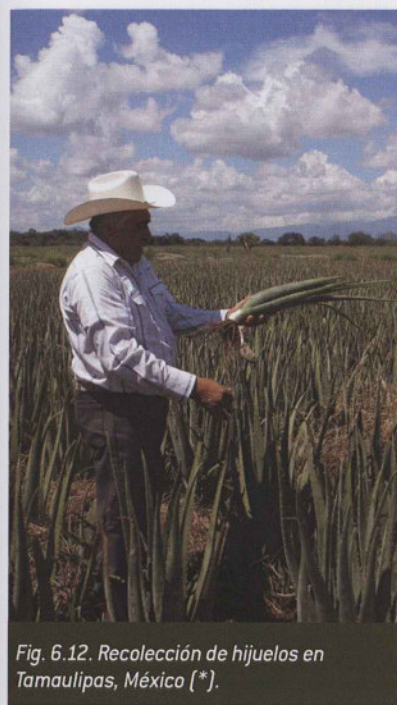


Fig. 6.12. Recolección de hijuelos en Tamaulipas, México (*).

queda la raíz de la planta madre al descubierto, ésta debe cubrirse inmediatamente para evitar posteriores pérdidas por deshidratación o retraso en el crecimiento. Asimismo, no se debe regar durante la primera quincena tras el desahijado, para que se produzca la cicatrización natural de las heridas.

Al ser seccionados de su planta madre, los hijuelos pueden estar algún tiempo fuera de la tierra, sobre unos dos años, ya que son capaces de sobrevivir en buen estado de conservación por cicatrizar la parte dañada del tallo y de las raíces.

6.7. Vivero

El propósito agronómico de un vivero es la obtención de plantas homogéneas y libres de fitopatógenos con una mayor adaptación al medio donde se desee llevar a cabo la plantación. Sólo así se conseguirán obtener plantaciones de calidad.

Una vez separados de la planta madre, cuando tienen unos 25 cm, los hijuelos deben reposar a la sombra durante un par de semanas en un lugar seco y ventilado, ya que no se deben regar ni exponerlos al sol para su correcta cicatrización vegetal. Posteriormente, son trasplantados a viveros de diversas formas: bolsas, macetas de plástico, etc. El sustrato a emplear debe ser una mezcla compuesta por un 50 % tierra, 25 % arena y 25 % materia orgánica. Tras dos meses, en cuyo periodo las plántulas han ido aclimatándose, pueden ser trasplantadas a la parcela definitiva.

te aproximadamente una semana o más para que cicatricen las heridas producidas en su arranque de la planta madre. Luego pueden ser trasplantados a macetas individuales o en el campo de cultivo (nueva plantación). Sobre los 18 meses de vida, la planta de Aloe vera genera como máximo dos hijuelos, a veces uno solamente, mientras que a partir del segundo año y ulteriores produce una media de cuatro a cinco esquejes, lo cual permite ampliar la plantación a coste mínimo.

Se recomienda extraer los hijuelos anualmente, tras cada corte de hoja (recolección). Si al retirar los hijuelos



Fig. 6.13. Vivero de Aloe vera en Chile (Región de Valparaíso).

6.8. Otras labores

6.8.1. Control de la humedad

El contenido hídrico del suelo se puede hallar directamente utilizando muestras edáficas (barrena) o bien de forma indirecta usando una instrumentación específica: tensiómetro, sonda de neutrones, TDR...

Hoy día, el método más empleado es el uso de tensiómetros, unos aparatos que miden la succión o fuerza ejercida por el suelo sobre un volumen de agua. El tensiómetro es básicamente un tubo sellado lleno de agua, equipado con un medidor de vacío y una cápsula terminal porosa. Para su funcionamiento se introduce la cápsula, y con ella el resto del tubo, en el

suelo hasta unos 30 cm de profundidad. Luego, el manómetro de vacío ya puede registrar la tensión a la que se halla el agua del suelo circundante al tensiómetro. A medida que la tierra va perdiendo humedad, el agua del tubo tiende a salir a través de la extremidad porosa de porcelana, descendiendo así el nivel hídrico del aparato y produciéndose un vacío relativo en la parte superior del mismo, el cual es registrado por el manómetro. Cuando el suelo aumenta de humedad, sucede lo contrario a lo explicado.

Normalmente, se usan al menos dos tensiómetros, uno superficial en la zona de mayor concentración radical, que permite visualizar el volumen de agua disponible para el

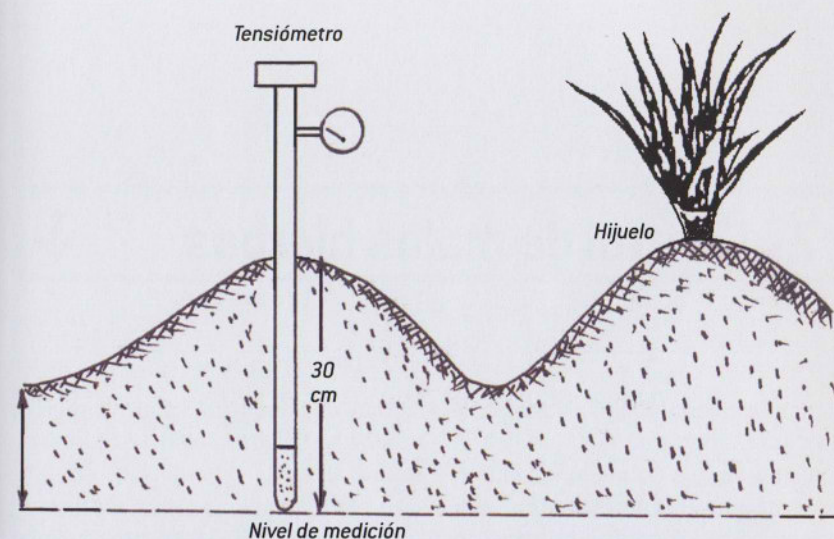


Fig. 6.14. Aplicación del tensiómetro en cultivo de Aloe vera.

cultivo, y otro más profundo para controlar la profundidad hídrica del riego. En general, se le atribuye al tensiómetro de superficie la función de indicar la frecuencia de riego, y al más profundo la de calibrar el tiempo de irrigación.

6.8.2. Corte floral ("despunte")

Otra labor de cultivo es el corte de la inflorescencia que brota de las plantas

madre, seccionándola desde su base.

Debe impedirse que las plantas de sábila desarrollen sus inflorescencias, ya que lo contrario restaría vigor a las hojas de aloe, disminuyendo principalmente su volumen. Una manera práctica de suprimir el tallo floral o quito, sería esperar a que los escapos asomen por encima de las hojas (Fig. 6.11) y antes de que florezcan se cortan por su base.

7.- Control de malas hierbas



En zonas no cultivables, la propia fisiología y anatomía del Aloe hacen que se adapte a condiciones climáticas muy adversas donde la mayor parte de malas hierbas no pueden sobrevivir. Pero lo que aquí se analiza es el control herbáceo en zonas agrícolas cultivadas con Aloe vera.

Al competir por el agua y los nutrientes, las malas hierbas constituyen un limitante para el cultivo del Aloe vera, ya que reducen el rendimiento de la cosecha, dificultan las labores de cultivo, minoran la productividad y favorecen la proliferación de plagas y enfermedades.

El desmalezado es una tarea normalmente manual que lleva siendo aplicada desde los inicios del cultivo del Aloe vera. Esta práctica se realiza generalmente dos veces al año, una de las cuales precede a la recolección de hojas. Algunas de las malas hierbas más comúnmente identificadas en los distintos agro-ecosis-

temas del Aloe vera, según la región donde se ubique la plantación a nivel mundial, son:

— Dentro de las monocotiledóneas predominan, entre otras, la paja blanca (*Chloris polydactyla*), el pasto de cuaresma (*Digitaria sanguinalis*), la gramilla (*Cynodon dactylon*), el cebollín (*Cyperus rotundus*), la paja morada (*Leptochloa filiformis*), el pasto Johnson (*Shorgum halepensis*) o la pata de gallina (*Eleusine indica*).

— Dentro de las dicotiledóneas destacan, entre otras, el cardo-santo (*Argemone mexicana*), la barri-lla borde (*Salsola kali*), las amapolas (*Papaver* spp.), el tomatillo (*Physalis ixocarpa*), la verdolaga (*Portulaca oleracea*), el coquito (*Cyperus rotundus*), las campanitas (*Ipomoea* spp.), la mostaza de campo (*Sinapis arvensis*), el bleo (*Amaranthus hybridus*), la calabacilla (*Cucumis anguria*), el amor seco (*Bidens pilosa*), la malva (*Malva parviflora*), etc.



Fig. 7.1. Plantaciones de Aloe vera con malas hierbas.

El control de las malas hierbas es común para los diferentes agro-sistemas de cultivo (secano/regadío), siendo especialmente crítico en las plantaciones con instalación de riego. Son dos los factores que regulan a las poblaciones de malas hierbas: endógenos, como la competencia intra-específica, y exógenos, como es el efecto del clima. Las especies vegetales así reguladas tienen más probabilidades de trasladarse hacia otras zonas agrícolas e invadirlas, como consecuencia de ser más resistentes al cambio climático.

Tradicionalmente, se viene realizando un control manual de las malas hierbas utilizando escardillas, con mucho cuidado de no dañar las raíces y los tallos de los aloes. En plantaciones de regadío, esta labor se debe hacer permanentemente, ya que si no las plantas herbáceas crecerían hasta sobrepasar a las plantas de aloe, mientras que los cultivos de secano lo realizan normalmente antes de cada cosecha y tras un periodo de abundantes lluvias.

En plantaciones jóvenes se debe tener muy en cuenta que un desarrollo excesivo de las malas hierbas puede ocasionar el manchado (amarilleado) de las hojas inferiores por la falta de luz (competencia vegetal), así como retrasos en el desarrollo de los aloes y en la producción de hijuelos. El control de la maleza se puede realizar aplicando diversos métodos.

7.1. Procedimiento manual

Como ya se ha indicado anteriormente, la limpieza manual se hace alrededor de la planta, empleando escardillas, podadoras manuales, etc. También puede auxiliarse con el paso de un motocultor con avance manual, si el tamaño de las plantas y la distancia entre hileras lo permiten. Pero para controlar las malezas próximas a cada planta de aloe será necesario recurrir exclusivamente a la escarda manual para evitar daño a la plantación. En general, esta operación habrá que realizarla cada 4-6 meses. Se recomienda efectuar al menos cuatro deshierbes manuales por año, lo cual puede variar en función de la densidad y el desarrollo de la maleza.

7.2. Pastoreo

El empleo de animales ovinos en las plantaciones de Aloe vera, puede ser un método efectivo siempre que los animales tengan agua disponible. Además, debe comprobarse que la plantación esté sana, evitando así la diseminación de enfermedades en la misma.

7.3. Mantillo ("mulch")

Esta técnica se basa en colocar diversos materiales sobre la superficie del suelo para reducir la pérdida de agua, mejorar su estructura y minimizar el crecimiento de malas hierbas.

Recientemente, se ha comenzado a esparcir la corteza de aloe tritu-

rada, un subproducto en las industrias transformadoras, que inhibe la luz solar y, por consiguiente, la emergencia de las malas hierbas.

Existen dos tipos principales de mantillo: inorgánicos y orgánicos. Entre los primeros destacan la piedra volcánica, los materiales geotextiles o la goma pulverizada. Respecto a sus características cabe mencionar que no se descomponen rápidamente, por lo cual no necesitan reabastecerse con frecuencia. Por el contrario, tampoco mejoran la estructura del suelo ni añaden materia orgánica.

Debido a estos motivos los aloecultores prefieren los mantillos orgánicos, donde se incluyen virutas de madera, hojas de pino, cortezas de árboles, cáscaras de aloe, restos vegetales, etc. Están sometidos a una descomposición continua, teniéndose que reponer en función del material. Este proceso mejora la calidad edáfica y su fertilidad, por lo que muchos aloecultores consideran beneficiosa esta cualidad, a pesar de su continuo mantenimiento.

En general, se recomienda un mantillo ("mulch") con un grosor de 5 a 10 cm, ya que un exceso podría ser perjudicial para el cultivo de aloe, siendo los principales inconvenientes:

- El aumento de la humedad, que podría ocasionar pudrición de raíces.
- La modificación del pH en el suelo.

El manejo adecuado de dicha técnica pasaría por comprobar si el drenaje del suelo es adecuado para poder aplicar una capa fina de mantillo bien extendida.

7.4. Control químico

Es importante aclarar que no se deben aplicar herbicidas químicos en el control de las malas hierbas desarrolladas en cultivos ecológicos de aloe, ya que alterarían la calidad del producto final (acíbar o gel) debido a la facilidad que tiene la planta para captar el principio activo de los mismos.

Aunque no está permitido el uso de herbicidas en agricultura ecológica, hay agricultores que practican este control, por lo cual se recomienda emplear dicho producto en las primeras etapas del cultivo con aplicaciones planificadas para evitar al máximo el contacto directo entre la planta y el veneno químico. La utilización de cualquier herbicida debe suspenderse durante los cuatro meses anteriores a la cosecha, evitando así residuos químicos indeseables en la materia prima.

8.- Plagas



Las plantas de Aloe vera pueden ser atacadas por determinadas plagas, lo cual dependerá del territorio geográfico en donde se ubique la plantación. Estas plagas pueden alimentarse de su gel interior o bien de la corteza exterior. Sin embargo, si las condiciones de cultivo son adecuadas, es decir, con un suelo rico en elementos minerales, riego adecuado, buena ventilación, etc., es difícil tener este tipo de problemas.

En este capítulo se pretende ofrecer una visión general de las plagas más frecuentes que pueden atacar a las plantaciones de Aloe vera, como son pulgones, araña roja, cochinillas, mosca blanca y orugas, explicando también las medidas que se deben adoptar para contrarrestar estos posibles ataques.

8.1. Pulgón (*Aloephagus myersi*)

Se trata de un insecto áptero succionador de cuerpo blando, por lo que resulta fácil de combatir. Se ali-

mentan de la savia del aloe clavando un pico chupador en sus hojas tiernas, causando daños importantes a las plantas jóvenes. Parte de la savia succionada la excretan como líquido azucarado (melaza), que impregna la superficie de la planta impidiendo el normal desarrollo de la misma. Los pulgones pueden ser alados o ápteros y su color es muy variable, oscilando del blanco al negro y pasando por el verde o amarillo. En cuanto a su reproducción, son partenogenéticos, es decir, las hembras pueden tener descendencia sin que sean fecundadas por los machos, proliferando así en gran cantidad. Las condiciones climatológicas que favorecen su desarrollo son las elevadas temperaturas y una baja humedad relativa.

8.1.1. Sintomatología y daños

Normalmente, las hojas infestadas por pulgones están deformadas, rizadas o arrugadas. También se delatan

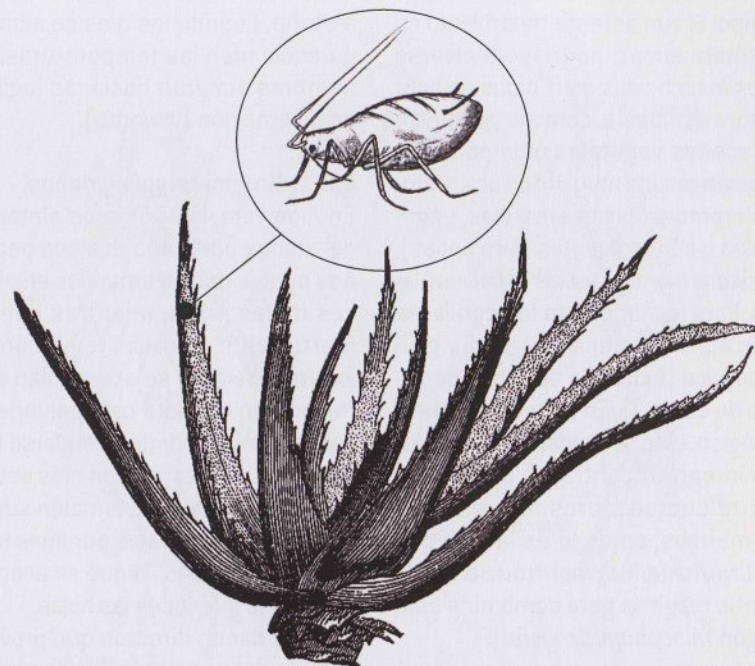


Fig. 8.1. Detalle aumentado del pulgón *Aloephagus myersi*.

por la presencia de la negrilla (*Capnodium elaeophilum*), un hongo que se asienta sobre la melaza.

Produce dos tipos de daños: directos e indirectos, dándose los primeros cuando se alimenta de los jugos que transporta el floema de la planta, ya que alteran las hormonas de crecimiento y, en general, debilitan a la planta. En cuanto a los indirectos, derivan del metabolismo animal, esto es, la excreción de melaza que luego es colonizada por la negrilla, causando mermas en la ca-

pacidad fotosintética de las hojas y pudiendo transmitir sustancias tóxicas o, incluso, virus fitopatógenos.

8.1.2. Control

El control preventivo de los pulgones puede realizarse a través de métodos tradicionales, eliminando las malas hierbas, aplicando mantillo ("mulch"), etc.

Cuando el control tradicional es insuficiente, se usarán productos poco energéticos, como el jabón potásico, que permite limpiar y ganar

tiempo. Si aun así este tratamiento no resultara eficaz, podrían emplearse otros insecticidas permitidos en agricultura ecológica, como la gelatina o los aceites vegetales y de parafina. También resulta muy útil colocar trampas cromo-trópicas amarillas, engomadas y con atrayentes [feromonas], particularmente para las especies aladas. Para luchar contra la negrilla, se debe aplicar lecitina o algún fungicida cúprico [hidróxido de cobre, oxicloruro de cobre...]. En cuanto al manejo biológico, este se fundamenta en la lucha integrada contra las plagas mediante depredadores naturales de las mismas, como lo es la mariquita (*Cryptolaemus montrouzieri*) o la mantis religiosa para combatir a este pulgón (*Aloeophagus myersi*).

8.2. Araña roja (*Tetranychus urticae*)

Es un ácaro muy pequeño que casi no se detecta con la visión humana. Pueden ser de color amarillo, verde o rojo, simple o compuesto (amarillo-verdoso) con dos manchas negras en el dorso. Aparecen cuando se dan condiciones de temperaturas elevadas y ambiente muy seco. Se alimentan del jugo celular de los tejidos vegetales que parasitan, mediante la succión del mismo a través de picaduras que provocan con su aparato bucal.

Las infecciones se inician en primavera con ácaros recién salidos de la hibernación, que se prolongan por sucesivas generaciones de verano

a otoño. Cuando los días se acortan y descienden las temperaturas, las hembras emigran hacia los lugares de hibernación [invierno].

8.2.1. Sintomatología y daños

En Aloe vera, los primeros síntomas del ataque por araña roja son pequeños puntos rojos o amarillos en el envés de las hojas, mientras que las fuertemente atacadas toman un color amarillento y se abarquillan asumiendo un aspecto casi polvoriento hasta terminar por desprenderse [defoliación]. Analizando con más detenimiento, podrán verse también sutiles telarañas, compuestas por finas telas de un hilo sedoso, lo que se acentúa en la parte inferior de las hojas.

Los daños directos que provoca este insecto se deben fundamentalmente a su acción demoledora sobre las partes verdes del aloe, al que perfora con un estilete. La pérdida de clorofila conduce a moteado blanquecino o amarillento en el haz. El deterioro es más importante cuanto más joven sea la planta, provocándole un retraso en su crecimiento, disminuyendo así la producción global y su calidad. Grandes poblaciones de araña roja, podrían incluso llegar a destruir una plantación por completo. Su ciclo biológico se representa en la Fig. 8.2.

8.2.2. Control

El control preventivo de los ácaros puede realizarse con métodos tradi-

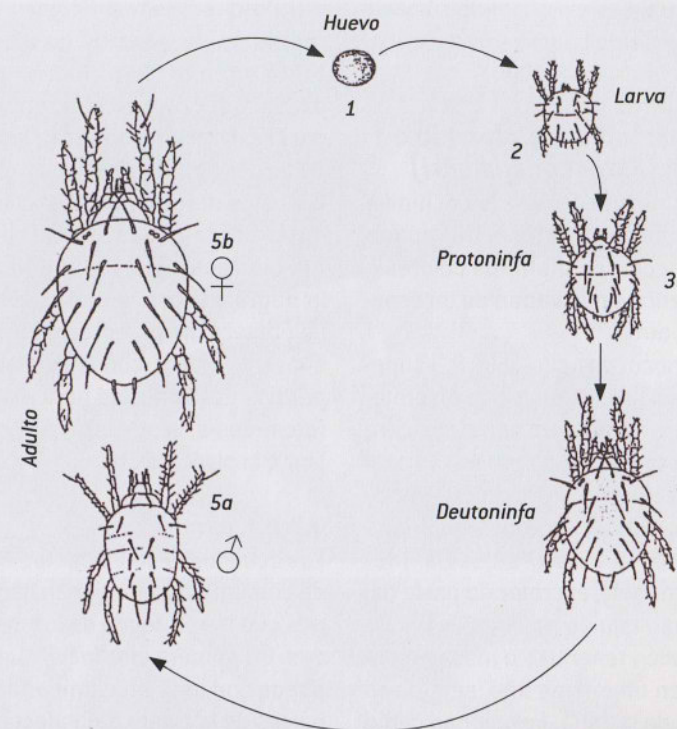


Fig. 8.2. Ciclo biológico de *Tetranychus urticae* (araña roja).

cionales, tales como la eliminación de malas hierbas, una dosis equilibrada de abonado, etc. Un exceso de compuestos nitrogenados favorece la proliferación de araña roja. También puede pulverizarse con agua (nebulizaciones), ya que a los ácaros no les gustan los ambientes húmedos.

Solo en el caso de infestaciones particularmente graves, puede usarse azufre aunque también son muy eficaces los aceites de parafina. La

lucha química se debe comenzar a utilizar cuando se detecte la plaga, sobre todo en los primeros estadios de su desarrollo. El tratamiento tiene que ir dirigido a los focos infecciosos cuando éstos estén bien delimitados, prestando especial atención a las lindes perimetrales de la plantación, que suele ser por donde se produce la entrada del insecto.

En cuanto a la lucha biológica, se realiza principalmente gracias a la

depredación que realizan los ácaros fitoseidos: *Amblyseius californicus* y *Phytoseiulus persimilis*.

8.3. Cochinilla algodonosa o melazo (*Planococcus citri*)

Las distintas especies de cochinilla se caracterizan por tener un caparazón protector de distintos colores y consistencias que varían de un espécimen a otro.

Planococcus citri (Fig. 8.3 superior) es un insecto succionador protegido por una capa de polvo con cera que su propio cuerpo genera, lo cual hace difícil combatirlos. Actúan clavando un estilete sobre las hojas de aloe para chupar su savia interior (alimento), excretando parte del jugo como líquido azucarado (melaza). Pueden tener una o más generaciones en un mismo año, según sea el clima de la zona. Eclosionan como larvas de huevos, transformándose luego en cochinillas adultas que, a su vez, ponen más huevos, de los cuales vuelven a eclosionar larvas formando una segunda generación.

8.3.1. Sintomatología y daños

Este insecto es detectable a simple vista en los ápices foliares, por la presencia de unas micro-bolas algodonosas. Atacan a todo el cuerpo vegetal aéreo pero es más visible hacia las partes tiernas (puntas). También se delata por la presencia del hongo *Capnodium elaeophilum*, que se asienta sobre la melaza.

Produce daños directos e indirectos en las plantas de aloe, manifestándose los primeros en una pérdida de vigorosidad, provocada por la extracción que hacen las cochinillas del jugo vegetal, y por aparecer las hojas deformadas, descoloridas, amarillentas o secas. En cuanto a los indirectos, el asentamiento de la negrilla sobre la melaza excretada provoca un ennegrecimiento de la superficie foliar, con la consecuente pérdida de capacidad para realizar la fotosíntesis, lo que termina por debilitar a la planta de aloe.

8.3.2. Control

Las cochinillas son insectos difíciles de combatir porque tienen caparazones que les protegen de los insecticidas. En primera instancia, su control puede consistir en eliminar aquellas partes de la planta muy afectadas.

En cuanto al control químico, para que sea mucho más eficaz, debe ir dirigido contra las larvas, por ser más sensibles a los insecticidas que los ejemplares adultos. Una vez detectadas estas, debe aplicarse un insecticida de contacto permitido en agricultura ecológica [rotenona], repitiéndose a posteriori si fuese necesario. La eficacia del tratamiento dependerá de si se hace cuando se da el mayor número de larvas posibles [población no desarrollada]. Por otro lado, si procede, habría que aplicar algún fungicida cúprico para luchar contra la negrilla. Se aconseja controlar



Fig. 8.3. Cochinillas algodonosas en hoja de aloe [arriba] y sobre raíz de tomatara [foto inferior].

las posibles re-infestaciones, puesto que un control absoluto de las cochinillas es algo muy difícil de lograr.

Como norma general, se puede realizar un control preventivo de las cochinillas, aplicando un tratamiento ecológico en primavera, momento en el cual comienzan a proliferar las larvas. En cuanto al manejo biológico de plagas, la lucha integrada contra *Planococcus citri* puede hacerse con la introducción de *Cryptolaemus montrouzieri* (mariquita), un depredador natural muy eficaz ante un ataque de pulgones.

8.4. Cochinillas algodonosas de raíz (*Rhizoecus spp.*)

Para detectar cochinillas que parasitan el sistema radicular es necesario inspeccionar el cepellón. Si éstas aparecen llenas de un algodoncillo blanco, se trata de cochinillas algodonosas de raíz [Fig. 8.3 inferior].

8.4.1. Sintomatología y daños

No es fácil detectar esta plaga, pero un síntoma de su infestación es que la planta no crece. Si se observa que algunas plantas de aloe no han crecido al finalizar la primavera, se debe sospechar sobre la posible presencia de *Rhizoecus spp.* Más adelante, las plantas comenzarán a tornarse amarillentas y a producirse la muerte de algunos ejemplares en periodos cortos de tiempo. Esta plaga vive sobre las raíces de la planta, succionando sus jugos, lo cual trae consigo la des-

trucción del sistema radicular y, en última instancia, la destrucción de la misma.

8.4.2. Control

El control resulta similar al descrito para el caso anterior. En cuanto al tratamiento químico, hay que aplicar el insecticida mediante los riegos para que pueda llegar a las raíces.

8.5. Orugas

Se trata de lepidópteros que durante su fase de oruga se alojan en las hojas de aloe más jóvenes, pudiendo causar un grave deterioro vegetal si no se les combate a tiempo.

8.5.1. Sintomatología y daños

Debido a su gran voracidad, producen graves daños en las hojas, donde se agrupan destruyéndolas totalmente. También hay que destacar el daño causado por el mal olor de los excrementos que se acumulan entre las hojas interiores de la roseta.

8.5.2. Control

Si se descubre alguna oruga por el cultivo, no es necesario aplicar un tratamiento inmediato, a excepción de cuando estemos ante una infestación muy fuerte, caso en que se recomienda tratar con preparados bacterianos hechos a base de *Bacillus thuringiensis*, formando un insecticida permitido en agricultura ecológica que no requiere plazos de seguridad.

8.6. Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

Se trata de pequeñas moscas blancas que, como los pulgones y las cochinillas, clavan un estilete a las hojas de aloe y chupan su savia. La hoja es así debilitada por las heridas ocasionadas durante la perforación. Se posan sobre la superficie foliar (envés) por medio de un pedúnculo que sirve de sujeción. Las condiciones óptimas para su desarrollo son temperaturas elevadas y ambiente húmedo, por lo que su mayor incidencia tiene lugar en verano. Cuando se agitan las plantas de aloe infectadas con mosca blanca, éstas echarán a volar formando una nubecilla compuesta por cientos de individuos.

8.6.1. Sintomatología y daños

Los primeros indicios que demuestran la existencia de mosca blanca se pueden apreciar observando sus hojas, ya que primero amarillean, luego aparecen descoloridas y, por último, se desprenden del tallo al secarse. Asimismo, las hojas quedan recubiertas con la melaza excretada por los propios hemípteros, sobre la cual se asienta la negrilla.

El daño directo es causado tanto por larvas como por adultos, chupando la savia del aloe, lo que paraliza el desarrollo foliar y produce la caída de algunas hojas. De otra parte, la melaza que segregan las moscas es asiento para la negrilla, disminuyendo la capacidad fotosintética de las hojas. Aparecen manchas amarillas, decoloraciones y marchitamiento.

8.6.2. Control

Combatir a las moscas adultas es relativamente fácil, mientras que la lucha contra las larvas resulta ser complicada debido al caparazón que poseen durante dicho estado. Entre las medidas preventivas destacan el uso de trampas cromáticas amarillas y un manejo equilibrado de los abonos nitrogenados. En caso de observar mosca blanca, el control químico se puede realizar aplicando productos autorizados en agricultura ecológica. Respecto al control biológico, se puede llevar a cabo favoreciendo la proliferación de ciertas especies parásitas de la mosca blanca, como son *Encarsia formosa* o *Macrolophus caliginosus*.

9.- Enfermedades



El cultivo tradicional del Aloe vera no ha tenido enfermedades de suma importancia. Sin embargo, en el presente milenio las plantaciones de aloe se han visto afectadas por numerosos cambios agronómicos, a veces malas prácticas, como son la elevada densidad (cultivo intensivo), la proliferación de malas hierbas por no desmalezar, la falta de selección y desinfección de hijuelos en los trasplantes y un libre intercambio de materia prima entre diferentes zonas geográficas de producción (H. J. Piña, 2009). Todo ello se ha traducido en una mayor incidencia de las enfermedades para las plantas de Aloe vera.

Gracias a los estudios fitopatológicos realizados por organismos e instituciones internacionales, tales como INIA Falcón (Venezuela), American Phytopathological Society (USA), etc., es posible identificar las principales enfermedades que atacan al cultivo del Aloe vera en todo el mundo. Entre las más frecuentes destacan (según H. J. Piña y Z. Lugo):

— Manchas foliares causadas por los hongos: *Altenaria* sp., *Cercosporidium* sp., *Phaeosphaeria nigrans*, *Physalospora* sp., *Microsphaeropsis concéntrica* y *Phyllosticta* sp.

— Pudrición del tallo producida por *Phythium ultimum*.

— Pudrición de la raíz causada por *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora nicotianae* var. *parasítica*, *Phythium ultimum*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotium rolfsii*.

— Bacteriosis causada por *Erwinia chrysanthemi*.

Este capítulo pretende ofrecer una visión general de las enfermedades que presentan una mayor incidencia en el cultivo del Aloe vera y, por ende, las que suponen una mayor pérdida económica para los aloecultores.

9.1. Bacterias

Las bacterias fitopatógenas causan enfermedades que pueden afectar, en principio, a cualquier planta cultivada y producen anualmente cuantiosas pérdidas por todos los países del

mundo. Para minimizarlas es necesario conocer sus mecanismos de supervivencia y su forma de dispersión.

La sintomatología que producen es extremadamente variada, pero generalmente característica para un patógeno en particular. Los síntomas pueden variar desde mosaicos a grandes anomalías, tales como las "agallas" (*Agrobacterium tumefaciens*), pero los más comunes son manchas en hojas o frutos, tizones o muerte de tejidos en hojas, tallos o troncos de árboles, podredumbres de raíces o tubérculos, etc. Todos ellos, pueden variar a su vez con el fotoperiodo, variedad vegetal, condiciones ambientales (temperatura, humedad...), y la dosis de infección. En algunos casos, el desarrollo de una enfermedad bacteriana puede llegar a frenarse al pasar de una estación a otra, por ejemplo en Córdoba (España) del invierno frío-húmedo al verano cálido-seco, pudiendo incluso desaparecer o volverse poco importante al continuar el crecimiento vegetal.

9.1.1. Podredumbre blanda (*Erwinia chrysanthemi*)

Todas las especies del género *Erwinia* son patógenas de plantas. El agente causante de producir podredumbres en el tallo (cogollo) de Aloe vera es *E. chrysanthemi*, una bacteria flagelada y móvil de dimensiones micrométricas. Esta especie se presenta principalmente sobre hojas basales, brácteas o frutos de numerosos cultivos alimentarios con gran

importancia económica: plátano, cebolla, pimiento, maíz, piña, zanahoria, etc.

Los factores favorables para el desarrollo de la enfermedad son temperaturas altas (25-35 °C), elevada humedad, tanto del suelo (encharcamientos) como del ambiente, y un exceso de abono nitrogenado.

9.1.1.1. Sintomatología

Los primeros síntomas pueden pasar desapercibidos, pero si se analiza la planta con mayor detenimiento, se podrán observar manchas húmedas de aspecto blando en las hojas, tanto en la base como en su lámina. Luego, si la temperatura y humedad son elevadas, el tejido se descompone, tomando un color pardo claro y apareciendo necrosis foliar.

El resultado final es una podredumbre de consistencia blanda y maloliente, que comienza por la zona del cogollo. Si se produce un ataque muy intenso, las plantas de Aloe se marchitan, llegando a quebrar la mayoría de las hojas más tiernas del tallo.

9.1.1.2. Epidemiología

Erwinia chrysanthemi puede sobrevivir en distintos tipos de suelo, agua, restos vegetales y raíces de malas hierbas. La penetración de la bacteria en el Aloe vera tiene lugar a través de heridas, viéndose favorecida por la presencia de agua sobre la superficie vegetal. El proceso infeccioso suele comenzar en zonas próximas al suelo, siendo común en las heridas produ-

cidas durante los cortes de las hojas (cosecha) o los hijuelos. La difusión puede llevarse a cabo por el viento, el agua, los insectos y el hombre.

9.1.1.3. Control

La lucha contra la podredumbre blanda del Aloe vera debe ser preventiva, ya que una vez iniciado el ataque bacteriano es muy difícil de controlar, aconsejándose los tratamientos cúpricos. Las medidas preventivas pasan por evitar el exceso de abonos nitrogenados, los riegos por aspersión y una elevada humedad en el suelo.

9.2. Hongos

Las enfermedades que causan los hongos fitopatógenos en sus huéspedes muestran una sintomatología muy diversa, como manchas cloróticas y necróticas, cribados, canchales, tizones, podredumbres húmedas o secas, momias, agallas, abolladuras, costras, ahogamientos, marchitamientos y pústulas. Estos hongos pueden ser clasificados en tres grandes grupos: mohos mucilaginosos (Mixomicetos), pseudohongos (Oomycota) y hongos verdaderos (Reino Fungi).

9.2.1. Manchas foliares (*Alternaria alternata*)

Se trata de un hongo ascomiceto filamentosos que presenta conidióforos tabicados y simples, en cuyo extremo se forman unos conidios de color pardo con septos transversales

y verticales de disposición irregular. Por gemación de la célula apical se van generando largas cadenas de diez o más conidios, formando así colonias de crecimiento rápido. Es un hongo común en fresas, tomates, zanahorias y espárragos, pero también se le puede hallar en abonos, maderas y suelos.

9.2.1.1. Sintomatología

En las hojas con cierta madurez se observan manchas foliares de diferentes tamaños, forma circular y color café, de donde sobresalen anillos concéntricos de color más oscuro. Al evolucionar las lesiones, la epidermis aparece abultada. En el centro de los abultamientos está presente un escaso micelio superficial y blanquecino, del cual emergen unas estructuras de color oscuro. Los bordes de la infección están delimitados por una franja de color naranja-púrpura entre otras dos más oscuras. Finalmente, las hojas fuertemente atacadas presentan un estado de marchitez generalizado y mueren.

9.2.1.2. Epidemiología

El hongo *Alternaria alternata* puede vivir en un amplio rango de temperaturas, aunque su desarrollo se retarda cuando está en ambientes relativamente fríos. La propagación indirecta del hongo en los tejidos vegetales de su huésped produce poco micelio sobre la epidermis, formando en la superficie del área podrida una pequeña masa de micelio que al prin-

cipio es blanquecina y luego toma un color oscuro.

9.2.1.3. Control

Se realiza principalmente vigilando que los hijuelos no estén infectados por el patógeno (vivero). En cuanto al control químico, se realiza mediante aspersiones de fungicidas permitidos en agricultura ecológica, tales como extracto de semillas cítricas, el oxicloruro de cobre o la cola de caballo. Las aspersiones deben iniciarse cuando aparecen las primeras plantas lesionadas, repitiéndose cada semana en condiciones ambientales de alta humedad relativa y elevadas temperaturas. Estas últimas deben disminuirse a una vez cada quincena si el hongo persiste pero las condiciones de humedad se reducen.

9.2.2. Oídio

Las condiciones favorables para el desarrollo del oídio son temperaturas en torno a 25 °C, deteniéndose su crecimiento a los 35 °C aproximadamente. La germinación de los conidios se ve favorecida por una humedad relativamente alta. Lo producen hongos ascomicetos y ectoparásitos de diversos géneros: *Uncinula* spp.; *Erysiphe* spp.; *Sphaerotheca* spp.; etc.

9.2.2.1. Sintomatología

Esta enfermedad se manifiesta por la presencia de un polvo blanquecino-cenizo en la superficie de las hojas, aunque también suele afectar al

tallo. Finalmente, las partes atacadas por el hongo se vuelven de color amarillento y se marchitan. En Aloe vera esta enfermedad puede afectar gravemente a sus hojas.

9.2.2.2. Epidemiología

El hongo desarrolla unos "prensores" con los que se fija sobre la epidermis, alimentándose de sus células mediante unos haustorios. Mientras el micelio crece, aparecen unas estructuras erguidas (conidióforos), donde se desarrollarán los conidios. Estos últimos, una vez maduros y en gran cantidad, terminan por desprenderse, constituyendo así la ceniza que caracteriza esta enfermedad. El transporte de las esporas del hongo hacia otra planta se realiza por dispersión eólica.

9.2.2.3. Control

Al ser un hongo con desarrollo externo, es muy sensible a los fungicidas de azufre, aunque su acción negativa sobre la fauna beneficiosa, hace que se contraindique para el control biológico. Es importante tratar con azufre cuando haya temperaturas inferiores a los 30 °C, ya que si no se podrían producir quemaduras en las hojas. Por otra parte, también son aplicables los extractos vegetales de canela, cola de caballo, etc.

9.2.3. Mal de pie (*Pythium ultimum*)

Se trata de un pseudohongo perteneciente al Reino Protista (Oomycota), que parasita un sinnúmero de

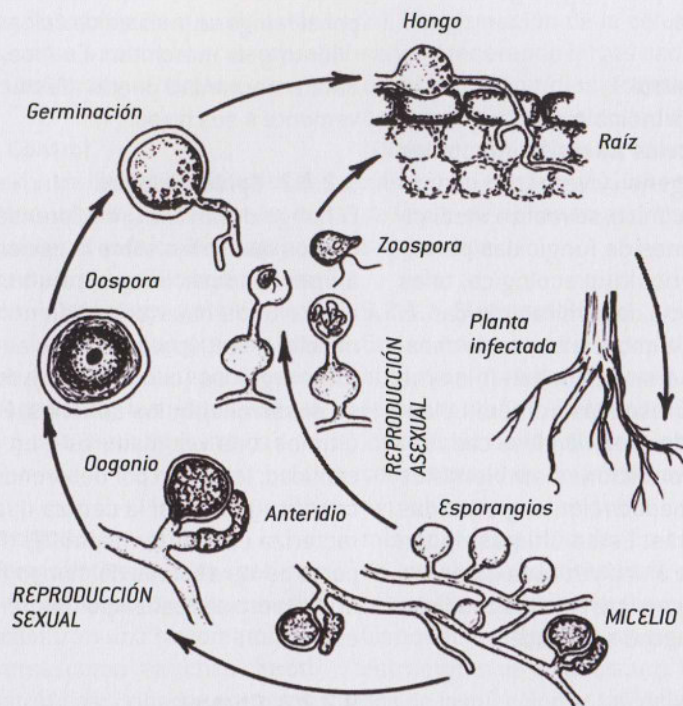


Fig. 9.1. Ciclo biológico de *Pythium ultimum*.

organismos vegetales y causa pudrición acuosa. Este fitopatógeno se caracteriza por su micelio hialino cenocítico (sin septos) y grueso, con abultamientos de trecho en trecho. En el micelio se forman esporangios esféricos, generalmente apicales, de diámetro micrométrico. Sus hifas [células vegetativas] contienen un solo núcleo diploide y presentan paredes ricas en celulosa pero sin quitina, lo cual distingue a este orga-

nismo de los hongos verdaderos (Reino Fungi).

9.2.3.1. Sintomatología

Según sea la edad y etapa de crecimiento en que se halle la planta, aparecerán unos síntomas u otros. Los hijuelos son atacados casi siempre a nivel de sus raíces o, en algunas ocasiones, a nivel del suelo. En este último caso, los aloes afectados presentarán un estrangulamiento en la



Fig. 9.2. Raíz y podredumbre de la corona en Aloe vera causada por *Pythium ultimum*. Fotografía de Robert L. Forster. Reproducida con autorización de APSnet Image Resources. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.

base del tallo, pudiendo aparecer en esa zona una pudrición blanda de color pardo, lo cual hará que la planta pierda su capacidad de soporte y quede tumbada ("damping off" o ahogamiento fúngico) sin perder el color verdoso de las hojas.

Cuando los aloes atacados ya son adultos, casi siempre muestran pequeñas lesiones en el tallo que no producen la muerte vegetal a no ser que la zona dañada se propague hasta ocupar un volumen mortal para la planta.

9.2.3.2. Epidemiología

Pythium ultimum es un habitante del suelo que parasita muchas especies vegetales, pero es particularmente activo en suelos de composición arcillosa que retienen agua, circunstancia favorable para este organismo fitopatógeno, sobre todo si se dan temperaturas por debajo de los 20 °C. En su desarrollo forma un micelio blanquecino, filamentos, ramificado y de rápido crecimiento algodonoso por el cual se puede identificar. Este micelio genera esporangios terminales (reproducción asexual) de geometría irregular que directamente producen tubos germinales, comportándose como verdaderos conidios, o bien forman una hifa filamentos y cenocítica en cuyo extremo se crea una vesícula donde se producen las zoosporas biflageladas. La reproducción sexual ocurre por contacto, mediante tubos de fertilización, entre los gametos femeninos (oosferas) del oogonio con los masculinos del anteridio, que para *P. ultimum*, al tener solamente una oosfera en cada oogonio, dará una oospora.

El tubo germinal de las esporas o el micelio saprofita entra en contacto con el tejido de las plantas debido a los exudados radiculares. La penetración tiene lugar a través de hendiduras mediante una presión mecánica y enzimática.

9.2.3.3. Control

En ocasiones, algunas prácticas de uso tradicional resultan útiles para disminuir el nivel de la infección. El

factor de mayor importancia para prevenir esta enfermedad es realizar un drenaje adecuado del suelo.

9.2.4. Pudrición de raíz y tallo (*Rhizoctonia solani*)

El nombre de *Rhizoctonia* deriva del griego y significa "muerte de raíces", correspondiéndose con un hongo imperfecto del Reino Fungi que no forma esporas en su fase vegetativa (micelio estéril) y cuya reproducción sexual no existe o es desconocida. Este fitopatógeno radicular (*R. solani*) se caracteriza por producir esclerocios, unos volúmenes compactos de micelio endurecido con reservas nutritivas para sobrevivir durante periodos ambientales extremos, que originan hebras capaces de asociarse al sistema radicular de una planta. Estos esclerocios le permiten al hongo permanecer latente a nivel subterráneo hasta que aparezcan sus condiciones óptimas, alimentándose, mientras tanto, de la materia orgánica que presenta el suelo.

La enfermedad que produce *Rhizoctonia solani* aparece con mayor frecuencia durante los meses más lluviosos del año, debido a que las precipitaciones crean un ambiente húmedo en el suelo, provocando así un crecimiento más o menos continuado del hongo, más aún con altas temperaturas (>25 °C).

9.2.4.1. Sintomatología

Las plantas adultas de aloe afectadas por *Rhizoctonia solani* manifiestan primeramente una clorosis foliar y, en

general, un achaparrado de las hojas. A continuación aparecerán manchas oscuras (necrosis) en el tallo y las raíces, que a posteriori causarán pudriciones en ambos órganos ("damping off"), así como la consecuente caída de hojas. En caso de poner las raíces al descubierto, podrán apreciarse necrosis y placas necróticas en las mismas, además de abultamientos debidos a la cicatrización producida en los puntos de unión con las raíces y/o raicillas desaparecidas.

9.2.4.2. Epidemiología

Cuando se activan los esclerocios de *Rhizoctonia solani* ubicados en el suelo de alguna plantación agrícola, lo primero que debe hacer el hongo es atravesar la cutícula vegetal. Para ello, desarrolla unas estructuras hinchadas de hifas que facilitan la penetración infecciosa mediante una doble actividad: mecánica y enzimática. También puede acceder a través de las heridas que se ocasionan en la planta debido al paso de maquinaria, los daños animales (herbívoros) o la climatología.

En una plantación de Aloe vera, el hongo *Rhizoctonia solani* puede acceder a la misma mediante la incorporación de hijuelos foráneos ya infectados y por la diseminación de los esclerocios a través del riego agrícola o la materia orgánica vegetal esparcida en el suelo.

9.2.4.3. Control

Una vez desarrollados los primeros síntomas, no existe ningún trata-

miento curativo, por lo que se debe actuar con medidas preventivas encaminadas al empleo de técnicas agronómicas que palien los desequilibrios hídricos, desencadenantes del ataque fúngico. Entre dichas medidas pueden destacarse:

- Utilizar un sistema de riego localizado (goteo).

- Moderar el empleo de abonos nitrogenados, especialmente los amoniacales.

- Adicionar un estiércol orgánico, bien elaborado, para mejorar la estructura del suelo, favorecer el desarrollo radicular y aumentar la relación C/N, fortaleciendo así a la planta frente a los fitopatógenos.

Por otro lado, para un suelo ya muy colonizado por el hongo, un porcentaje alto de materia orgánica favorecen los ataques al cultivo, debido a que, por su alto potencial saprófito, *Rhizoctonia solani* puede sobrevivir en forma de micelio sobre la misma durante varios años.

9.2.5. Marchitez vascular (*Fusarium* spp.)

Esta enfermedad fúngica ha sido identificada en casi todas las zonas productoras de Aloe vera, con un alto porcentaje de incidencia sobre dicho cultivo. Entre los hongos ascomicetos del género *Fusarium* que atacan el Aloe vera se han registrado *F. oxysporum* y *F. solani*.

Las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad son un alto contenido de humedad en el sue-

lo y elevados niveles de nutrientes, principalmente materia orgánica, fósforo y magnesio. En general, temperaturas entre 25 y 30 °C predisponen a la infección. Además, la sintomatología se agrava en condiciones de sequía, ya que las plantas enfermas, al tener su sistema radicular afectado, sufren mayor estrés.

9.2.5.1. Sintomatología

La marchitez vascular se caracteriza por un amarilleado intenso de las hojas, además de por su delgadez y curvado hacia el suelo (flacidez), desprendiéndose fácilmente de la base. Otro síntoma en las plantas infectadas es que su crecimiento y desarrollo se ven minorados respecto a las demás. Por otra parte, al realizar un corte transversal a la raíz y/o el tallo, se observarán manchas rojizas que luego se tornan de color pardo-castaño, indicadoras de la destrucción causada por el hongo en el sistema vascular de la planta, llegando incluso a producirle la muerte.

9.2.5.2. Epidemiología

Los hongos *Fusarium* spp. se hallan en el suelo como estructuras resistentes a condiciones desfavorables (clamidosporas), pudiendo permanecer latentes durante varios años. La germinación de dichas estructuras está estimulada por los exudados que las raíces excretan, dando lugar a tubos germinativos que se acoplan a ellas.

La penetración del hongo en la planta es directa y se produce a través



Fig. 9.3. Marchitez vascular en Aloe vera causada por *Fusarium ultimum* spp. Fotografías: H. J. Piña

de la epidermis del ápice radicular, desde donde la infección fúngica se transfiere al sistema vascular, produciendo conidios que se dispersan por el flujo vegetal formando nuevas colonias. La producción de sustancias gomosas provoca obturaciones en los vasos del xilema que dificultan el ascenso del agua y los elementos minerales desde las raíces hasta la parte aérea, dándole a la planta un aspecto enfermizo debido a la marchitez vascular.

La diseminación del hongo se produce a través del agua, los implementos de trabajo, las máquinas agrícolas, los restos de cosecha y por la implantación de hijuelos infestados.

9.2.5.3. Control

Se aconseja evitar heridas en las raíces, plantar en suelos con buen drenaje, no regar en exceso, etc. Entre los métodos de control más eficaces para controlar la marchitez vascular causada por *Fusarium* spp., cabe destacar un procedimiento físico denominado solarización, que permite una reducción paulatina del fitopatógeno en el suelo infestado.

9.3. Nematodos

Los nematodos constituyen el grupo más abundante de animales multicelulares en el suelo que ocupan la mayoría de hábitats. Aquellos fitoparásitos representan un factor limitante para la producción de diversos cultivos en la zona tropical y subtropical de todo el mundo. Sus daños directos en las raíces y demás órganos vegetales,

producen diversos tipos de síntomas: clorosis, marchitez de las plantas en horas cálidas del día, disminución en los rendimientos, pérdida de la calidad comercial en raíces/tubérculos y, en casos de altas poblaciones, la muerte de plantas hospedantes muy susceptibles y no tolerantes a estos organismos (Z. Lugo).

La mayor parte de los nematodos resultan difíciles de observar en el suelo por su tamaño microscópico y por ser translúcidos. El cuerpo animal es en un tubo alargado no segmentado que se afila en los extremos. La característica principal de los nematodos fitoparásitos es el estilete, una estructura que sirve para "pinchar" el tejido de la planta huésped.

9.3.1. *Helicotylenchus dihystera*

Se trata de un nematodo microscópico, alargado y con forma de espiral. En las parcelas afectadas por este fitoparásito aparecen zonas de crecimiento irregular.

9.3.1.1. Sintomatología

Las plantas de aloe infectadas por este nematodo presentan una mayor sensibilidad al marchitamiento debido a los desequilibrios hídricos, crecen más lentamente y las hojas toman un color amarillento (clorosis), decolorándose hacia el ápice. Si la población de nematodos en el suelo es elevada, pueden llegar a causar la muerte vegetal.

Esta sintomatología resulta inespecífica y similar a la que producen

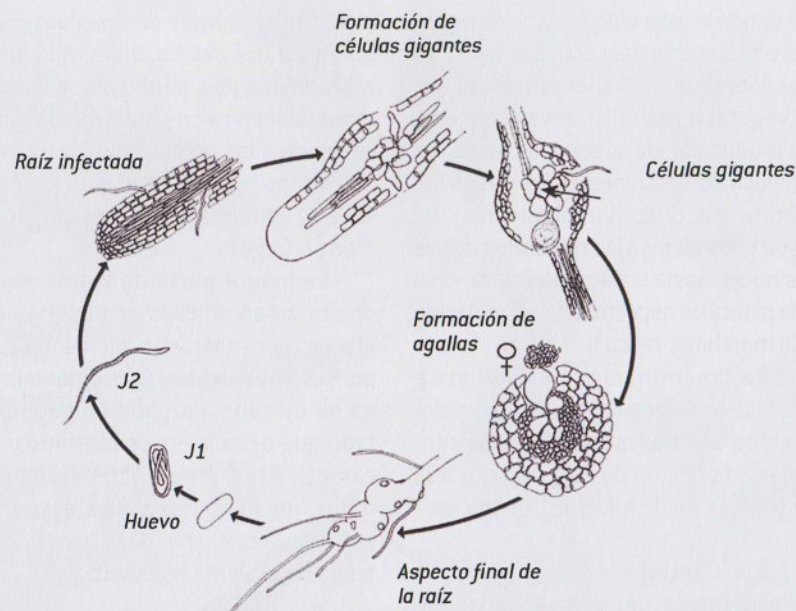


Fig. 9.4. Ciclo biológico de los nematodos fitoparásitos.

otras enfermedades de la raíz o las deficiencias de nutrientes, por lo que la confirmación de un problema por nematodos debe realizarse mediante un análisis del suelo.

9.3.1.2. Epidemiología

El segundo estadio juvenil, infectivo, se halla libre por el suelo en busca de raíces hospedantes para penetrar en las mismas mediante acción mecánica y enzimática. Dentro del sistema radicular, la secreción enzimática de los juveniles induce a la creación

de "células gigantes" a través de las cuales el nematodo se alimenta. Debido a ello, se bloquean los vasos del xilema y se produce la formación de nódulos en la raíz.

El establecimiento de las "células gigantes" resulta imprescindible para que los juveniles completen su ciclo de vida, pasando por varias mudas hasta llegar al estado adulto. En ese momento, el macho abandona la raíz mientras que la hembra permanece para reproducirse asexualmente, depositando cientos de huevos. (Ver Fig. 9.4).

9.3.1.3. Control

Las medidas de control deben orientarse a prevenir que las poblaciones del nematodo alcancen un valor crítico para las plantas y el agricultor [daño económico], de lo contrario habría que aplicar nematicidas orgánico-naturales [aceites de *Ricinus communis* o *Azadirachta indica*]. No es conveniente usar pesticidas químicos porque se podrían exterminar, además de los fitopatógenos, aquellos nematodos beneficiosos para la planta y el suelo. Entre los métodos de control tradicionales destacan:

- Un laboreo profundo antes de implantar el cultivo de aloe para provocar la exposición de posibles restos vegetales [raíces] al calor y lograr así su desecación.

- Aplicar materia orgánica debido a que ocasiona un incremento en las poblaciones de microorganismos antagonistas de los nematodos.

- Desinfectar los aperos de labranza.

En cuanto al control biológico, se utilizan hongos, tales como *Pae-cilomyces lilacinus* y *Myrothecium verrucaria*, que parasitan los huevos producidos por las hembras en la raíz.

9.3.2. *Meloidogyne* spp.

9.3.2.1. Sintomatología

Al igual que otros muchos nematodos, no causan síntomas característicos en las hojas o parte aérea de la planta. Los aloes infectados por *Meloidogyne* spp. muestran amarilleo, marchitamiento y

una producción vegetal reducida. La infección de las raíces provoca engrosamientos característicos o agallas que pueden ser de distintos tamaños, dependiendo del número de hembras que haya en su interior.

9.3.2.2. Epidemiología

Normalmente, los huevos del género *Meloidogyne* pasan la estación fría [invierno] en el suelo hasta que la temperatura del mismo aumenta [primavera], momento en el cual eclosionan los juveniles de segundo estadio para emigrar por la tierra y penetrar en las raíces de alguna planta hospedadora.

Durante su crecimiento, los juveniles engordan y mudan hasta su conversión en hembras o machos adultos. Las hembras adultas presentan un cuerpo redondeado e inmóvil, mientras que los machos son filiformes y generalmente abandonan la raíz al no alimentarse de la misma. Las hembras producen bolsas que pueden contener más de 500 huevos dentro de una masa gelatinosa.

En consecuencia, una raíz de aloe vera infectada por este nematodo puede albergar millones de huevos contenidos en todas esas bolsas. Generalmente, los nematodos generadores de agallas completan su ciclo en menos de un mes, dependiendo de la temperatura del suelo y, por lo tanto, pudiendo tener varias generaciones durante un ciclo vegetal.

9.3.2.3. Control

En primer lugar, es necesaria la prevención de la entrada del nematodo,

pues una vez éste se ha establecido es virtualmente imposible su erradicación. Por ello, es importante la utilización de hijuelos certificados y material de propagación limpio de nematodos.

Las parcelas infectadas por *Meloidogyne* spp. deberían mantenerse al margen de la producción vegetal por un período que oscila entre 2 y 4 años. Mientras tanto, pueden utilizarse otros cultivos resistentes al nematodo con el objetivo de reducir su población. Las malas hierbas deben ser eliminadas para evitar que sean hospedares alternativos para los nematodos. En general, aquellas parcelas que hayan estado cultivadas con alguna especie vegetal susceptible al nematodo *Meloidogyne* spp., como son las hortícolas, deberían ser analizadas antes de plantar aloe para comprobar la presencia de nematodos generadores de agallas. En el caso de que los niveles detectados estén por encima del umbral económico de daño, se recomienda el uso de nematicidas orgánico-naturales o métodos de control alternativos, como la solarización y los hongos parásitos de huevos (control biológico).

9.4. Fisiopatías

Además de las enfermedades bacterianas, fúngicas o las causadas por nematodos, el Aloe vera puede ser afectado por otros agentes de origen abiótico, los cuales producen desviaciones perjudiciales respecto al normal funcionamiento de sus procesos fisiológicos vegetales.

En general, se trata de afecciones difíciles de diagnosticar a las que se recurre cuando no se puede atribuir el origen de la enfermedad a ningún ser vivo.

9.4.1. Exceso de agua

Un encharcamiento momentáneo del suelo no suele producir daños graves a las plantas, pero si se prolonga en exceso puede causar asfixia radicular, concentración de sustancias minerales a niveles tóxicos para ellas, etc.

Para el caso del Aloe vera, se trata de un cultivo muy sensible a las anegaciones de agua, por una excesiva irrigación o temporales de lluvias, cuya sintomatología puede variar debido a dos factores: el nivel de humedad alcanzado, sobre todo en las raíces, y la duración del encharcamiento.

Una inundación duradera por lluvias en cultivo de aloe, puede provocar un crecimiento lento de las plantas y el doblado de hojas formando pliegues. Pero la situación más grave se produce con el desarrollo de hongos, pertenecientes a los géneros *Pythium*, *Phytophthora* y *Fusarium*, que provocan enfermedades a las plantas (ya estudiadas) e importantes pérdidas económicas para el aloecultor.

9.4.2. Escasez hídrica

Cuando no hay agua disponible, las hojas del Aloe vera se muestran delgadas y replegadas hacia el interior debido a que consume su propio líquido interno (reserva hídrica). Por

ello, esta planta es muy resistente a sequías prolongadas.

9.4.3. Alta concentración salina

Un suelo con altos niveles en sales, por haber empleado un agua salina para el riego y/o haberse sobrepasado con el uso de los fertilizantes, puede producir alteraciones a las plantas.

Aunque las plantas de Aloe vera se consideran muy tolerantes a la salinidad, las concentraciones elevadas de sales pueden producir una disminución en su crecimiento.

9.4.4. Efecto de la temperatura

Las plantas cultivadas desarrollan su actividad vegetal entre unos límites de temperatura bastante amplios, que varían según la especie y etapa de crecimiento, siendo los ejemplares adultos más resistentes a temperaturas extremas que los jóvenes. El Aloe vera soporta mejor unas temperaturas altas (ambiente cálido-seco) que bajas (ambiente frío-húmedo),

siendo el valor óptimo para su buen desarrollo de 25 °C. Si se dan temperaturas elevadas que se prolongan en el tiempo (sequías), la planta de aloe frena su crecimiento para poder sobrevivir.

Para el caso de heladas continuas en el tiempo, las hojas de aloe toman una coloración rojiza, causado por aumentar la concentración de antraquinonas en el gel.

9.4.5. Efecto de la luminosidad e insolación

Tanto una iluminación excesiva (insolación) como deficiente pueden repercutir negativamente sobre las plantas de aloe. Así, con pocas horas de luz, las hojas tienden a la horizontalidad en lugar de a la verticalidad. Por el contrario, aunque la planta de aloe necesita una radiación solar elevada, su exceso hace que las hojas tomen un color café. La tasa máxima de saturación de luz solar para el Aloe vera se puede fijar en 850 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ (según H. J. Piña).

10.- Recolección



El cultivo del Aloe vera se realiza para obtener el máximo volumen posible de hojas, las cuales pueden cortarse por su base cuando alcanzan un peso mínimo determinado, que no debe ser inferior a 450 gramos en regadío y 375 en secano. Además, para su comercialización, la materia prima (hojas) ha de reunir unas normas de calidad en su aspecto y forma, tales como no estar enfermas, tener un buen aspecto en cuanto a su color y vigorosidad, no presentar manchas ni daños físicos, etc. Al cortar las hojas de una roseta, la planta deberá dejarse con un mínimo de cuatro a seis hojas centrales para el buen desarrollo posterior de la misma. El momento de realizar la corta estará influenciado por las condiciones climáticas existentes, el estado agronómico de la plantación, etc.

Para cultivos de secano, la primera corta suele darse al segundo/tercer año de haber establecido la plantación, realizándose posteriormente una sola recolección anual, pero pudiendo darse dos en aque-

llos años con abundantes lluvias. En plantaciones de regadío, la recolección inicial se hace normalmente al año y medio de haberla establecido, pudiendo luego variar el número de cortas anuales de tres a seis y obteniendo entre cuatro y seis hojas por planta de aloe para cada corte.

Otro factor limitante durante la fase de recolección es el frío, ya que las heladas pueden dañar seriamente las hojas de aloe, que soportan temperaturas mínimas de hasta -2°C , disminuyendo el número de hojas a cortar. Un mes antes de llevar a cabo la recolección, se sugiere aplicar una corta de las hojas secas que se hallan en la periferia de las rosetas.

Tanto en plantaciones de secano como de regadío, la recolección se realiza manualmente con un cuchillo bien afilado, haciendo un corte achafanado en la base para evitar que se pudra la planta, sobre todo en meses lluviosos. El procedimiento de corta sigue la siguiente pauta: primero se agarra la hoja con una mano, luego se



Fig. 10.1. Obreros recolectando hojas de aloe [foto superior. *].

dan dos incisiones en ambos lados de su base y, por último, se realiza un leve giro con sentido ascendente; así la hoja deberá salir completa y con un callo blanco en su base que le sirve de sello a la hoja para evitar pérdidas de peso por goteo. Un corte mal realizado puede conducir a una rápida oxidación de la hoja, produciendo pérdidas de calidad en el producto final [industria transformadora].

Posteriormente, las hojas cosechadas deben tratarse con sumo cuidado para evitar que se dañen y se aminore su calidad por una incorrecta manipulación de la materia prima. Para ello, una vez cortadas, las hojas deben colocarse sobre cajas de madera o plástico, procurando que la parte cóncava de las mismas quede mirando con sentido vertical ascendente. Asimismo, se recomienda no llenar completamente las cajas, ya que al sobreponer una sobre otra de manera entrecruzada para su posterior transporte, las hojas podrían maltratarse.

También es aconsejable realizar el corte cuando se tenga claro el destino de la cosecha, ya que la gelatina interior del aloe se contamina y descompone con facilidad. En caso de no tener la comercialización asegurada, el aloecultor podría dejar de cosechar durante todo un año sin deteriorarse la calidad de la materia prima [hojas].

El último corte se realiza cuando la plantación alcance los 10 años, o incluso más. El ciclo productivo del aloe vera termina cuando las hojas pierden calidad y volumen por marchitez y manchado, debido a la vejez de las plantas, un exceso de humedad por encharcamientos prolongados o un manejo inadecuado del cultivo. Una vez finalizado su periodo productivo, si se desea continuar con la producción, hay que realizar un desahijado selectivo, rastrear y trasplantar. También pueden efectuarse podas de saneamiento en las plantas madre, re-plantaciones o dejar en la plantación aquellos vástagos mejor desarrollados [ralea la planta madre].

Según sea la densidad del cultivo [marco de plantación], el rendimiento de hoja puede variar. En secano, una vez que la planta está ya en plena producción, lo que sucede a partir del segundo/tercer año, para 2.500 plantas por hectárea y un peso medio de 375 gramos por hoja, el rendimiento puede oscilar entre 3.750 [1 corta] y 7.500 [2 cortas] kg/ha. En regadío, considerando plena producción [a partir de los 18 meses], un marco de plantación 1x1 m [10.000 plantas/ha] y un peso medio de 450 gramos por hoja, se obtendrá un rendimiento que varía de 54.000 [3 cortas] a 108.000 [6 cortas] kg/ha.

11.- Elaboración industrial



El proceso industrial se basa en la obtención de jugo y acíbar a partir de hojas de aloe vera [materia prima]. Para ello, en las industrias transformadoras el aloe puede ser extraído manualmente o bien por medio de maquinaria especializada. Pero la clave del proceso no reside sólo en la extracción, sino además en la posterior estabilización y conservación del producto elaborado.

11.1. Extracción de gel

El jugo de aloe contiene dos fracciones: una fase acuosa, denominada gel, y otra liposoluble: aceite, con las que se obtienen diversos productos, como cosméticos, fármacos, etc.

La elaboración del jugo se realiza sometiendo a las hojas de aloe a un tratamiento simultáneo de corte y compresión para extraer así el máximo volumen de jugo posible. Después, el extracto crudo pasa por varias fases: desinfección, calentamiento, estabilización y envasado.

11.1.1. Lavado

Una vez seleccionadas por su tamaño y sus condiciones físicas, la materia prima se somete a un tratamiento previo, esto es, un lavado de la superficie foliar mediante una solución compuesta por agua y un agente surfactante aniónico. Esta limpieza se realiza en tanques metálicos de acero inoxidable, manualmente o de forma mecanizada, depurando y reutilizando la solución de lavado mediante bombas hidráulicas, donde las hojas deben quedar totalmente cubiertas por el detergente para eliminar toda la suciedad externa de las mismas.

Luego, las hojas pasan a través de un túnel para su enjuague, siendo normalmente un depósito rectangular de hormigón armado con una cinta transportadora en su interior. Conforme avanzan las hojas en la cinta, se van sumergiendo en el depósito, que contiene una solución para enjuagar la materia prima com-



Fig. 11.1. Hojas de aloe subiendo por cinta de limpieza hacia la zona de corte y prensado-rasgado. Foto: A. Moreno

puesta por agua y un agente bactericida (yodo, peróxido de hidrógeno, etc.), además de una bomba para depurar y reutilizar dicha solución. También existe otro método muy utilizado para enjuagar las hojas, que se basa en pulverizar con agua mediante aspersores para eliminar así las impurezas y el exceso de jabón que pudieran contener.

11.1.2. Corte

Para prevenir la contaminación del filete interior mucilaginoso con el acíbar y así lograr una mayor calidad en

el producto final, a la salida del proceso de lavado se recurre al descortezado de las hojas, compuesto por dos fases: el despunte y el fileteado. Ambas operaciones deben completarse durante las 36 horas posteriores a la recolección de las hojas.

Primeramente, se despunta la hoja sobre una mesa, manualmente y con ayuda de un cuchillo, cortando su ápice (5-10 cm) y una pulgada de su base para suprimir del proceso a estas partes vegetales, que podrían mermar las características deseadas en el jugo a obtener. Cabe resaltar que las puntas del aloe vera contienen aloína, cuya sustancia también puede ser aprovechada en otro proceso, pero que debe ser desechada como jugo si este se destina para bebidas de consumo humano.

A continuación, se realiza el fileteado, que puede ser manual o automático. El primero es el método tradicional y se realiza introduciendo un cuchillo justo por la zona donde se halla el gel pegado a la corteza de la hoja, retirando luego esta última. Seguidamente, dicha operación se repite para la parte inferior, obteniendo así el filete de gel, que puede ser troceado en pequeñas porciones.

Debido al elevado coste que puede presentar el proceso anterior en mano de obra, se ha introducido el fileteado automático, una máquina que separa la corteza del gel mediante cuchillas de altura regulable. Realizar un ajuste de la presión mecánica es importante para no romper las cé-

lulas peri-cíclicas, que contienen el acíbar, cuando pasan las hojas por la cuchilla.

Por otra parte, la separación gel-corteza se puede facilitar adicionando celulosa. El jugo así obtenido es tratado con carbón activo para decolorarlo y eliminar sustancias que presentan efectos laxantes: aloína y antraquinonas. Esto tiene que ser así cuando el gel estabilizado se utilice para bebidas de consumo humano. Después, el líquido resultante debe ser filtrado, esterilizado y estabilizado.

11.1.3. Despulpado y homogeneización

El gel obtenido se lava por aspersión de agua y luego se deja escurrir. El acíbar que secreta la corteza cuando es cortada, resulta completamente soluble en agua y por lo tanto se puede retirar por enjuague. A continuación, el gel se bombea hacia la despulpadora (o mezcladora), un recipiente cilíndrico que dispone de agitadores mecánicos en su interior.

Para la producción de jugo es necesario dispersar el gel mediante la despulpadora, que no corta ni desmenuza en exceso las fibras, facilitando así su posterior remoción. Aquí tiene lugar también un precalentamiento, ya que la operación se realiza sobre unos 25 °C. La despulpadora tiene un sistema de refrigeración que reduce la temperatura del jugo resultante. Cuando el depósito está lleno, se deja 24 horas para que pueda decantar el jugo. Este proceso debe durar unos 20 mi-



Fig. 11.2. Gel crudo de aloe recién obtenido en la fábrica de Montilla (Córdoba, España). Foto: A. Moreno

nutos con el fin de prevenir el pardeado enzimático del gel.

11.1.4. Clarificación y filtración

Para clarificar el mucílago se utiliza una centrífuga horizontal clarificadora de discos (finisher), de alta velocidad, que ofrece buenos resultados y puede incluso retirar bacterias grandes. De la centrífuga se obtienen dos productos: el jugo natural y la fibra (desecho).

A la salida de la misma, el jugo se trasvasa hacia unos tanques de reposo, haciéndolo pasar posteriormente

por un filtro prensa para retirar las fibras vegetales y depurarlos.

11.1.5. Esterilización y estabilización

El gel de aloe se oxida y descompone rápidamente, perdiendo gran parte de sus propiedades. Diferentes investigaciones han descrito distintas técnicas para llevar a cabo el procesamiento del gel en aras de conseguir su esterilización y estabilización. Sin embargo, los resultados más óptimos se obtendrán cuando las hojas hayan sido procesadas conforme llegan a la fábrica, recién cortadas de la plantación. Esto es debido a que la degradación del gel se inicia con reacciones enzimáticas y por el crecimiento de bacterias, una vez que la parte interior de la hoja (cortada) se muestre a la presencia del aire atmosférico.

Finalmente, para garantizar una mayor estabilización y conservación del producto final, pueden aplicarse diversos métodos, como los tratamientos en calor o frío.

11.1.5.1. Tratamientos en frío

Está constatado que se pueden aplicar enzimas, como la glucosa oxidasa o la catalasa, para inhibir el crecimiento de organismos aeróbicos en el gel de aloe y, así, esterilizarlo. Otros métodos esterilizadores en frío son la irradiación con ultravioleta, micro-filtración y la ultra-centrifugación, que a continuación se describen.

a) Micro-filtración

Se basa en el empleo de mem-

branas con porosidad infra-micrométrica, de hasta de media micra. Las bacterias tienen tamaños superiores a $1\ \mu\text{m}$.

b) Ultra-centrifugación

La utilización de centrífugas clarificadoras con discos de alta velocidad, generan campos centrífugos equivalentes a doce mil veces el campo gravitatorio de la tierra. Estas máquinas pueden separar partículas tan pequeñas como una micra, con una diferencia de densidad de apenas el 1 %. En este proceso la limitante es la viscosidad, del gel a temperaturas muy bajas, se recomienda realizar la operación a temperaturas entre 30-35 °C.

c) Radiación ultravioleta

Se trata de un método esterilizador de alta intensidad. Aplicando cortos periodos de irradiación, resulta muy adecuado para eliminar bacterias, patógenas y no, sin producir cambios en la composición química de los productos irradiados (gel).

11.1.5.2. Tratamientos en calor

En los tratamientos térmicos, la esterilización del jugo se logra con la pasteurización o el carbón activo. Distintas investigaciones han puesto de manifiesto que cuando se calienta el gel a 65 °C durante menos de 15 min, su actividad biológica permanece intacta, ya que altas temperaturas durante largos periodos de tiempo pueden reducir mucho dicho nivel de actividad. Sin embargo, uno de los tratamientos pasteurizadores más efi-

caces para evitar el mal sabor y la pérdida de actividad biológica en el gel, resulta ser el método HTST: "High Temperature Short Time", es decir, el de someter al producto a elevadas temperaturas, de 85-95 °C, durante un periodo de tiempo muy corto, entre uno y dos minutos.

Tras la pasteurización, el jugo se deja enfriar a una temperatura de 5 °C o inferior durante 10-15 segundos. Esta fase resulta ser esencial para preservar el nivel de actividad biológica en el gel de aloe vera. Dicho enfriamiento rápido conduce a un deterioro enzimático y microbiológico del gel, pero, por otro lado, contribuye a reducir el contenido microbiano del producto.

En todas estas técnicas, la estabilización puede conseguirse por adición de conservantes y antioxidantes al gel, como benzoato sódico, E202, ácido cítrico y vitamina E, que permiten conservar las propiedades farmacológicas y terapéuticas del Aloe vera.

Al finalizar este proceso, se obtiene un producto semi-elaborado: el gel estabilizado, que ya puede ser destinado al consumo y utilizado como ingrediente de productos posteriores.

11.2. Obtención de gel en polvo

Otro método para estabilizar el gel de aloe vera es reducirlo a polvo, lo cual incrementa su vida útil. Para ello, es necesario realizar una concentración y un posterior secado del gel, obtenido en la fase anterior.

11.2.1. Concentración

11.2.1.1. Nano-filtración por membranas

Es un proceso de filtración por membranas permeables que operan bajo presión, en donde solutos de bajo peso molecular son retenidos, pero las sales pasan, total o parcialmente, a través de las mismas con el filtrado. A un lado de la membrana, el gel se somete a una presión elevada y a una temperatura de 30-35 °C, pasando sólo el agua y sales disueltas hacia el otro lado. Este permeado se suprime axialmente por el centro de la membrana, retirando luego el concentrado de la carcasa que contiene a la misma. Pueden obtenerse concentraciones 10:1.

11.2.1.2. Evaporación en película descendente con alto vacío

El gel es calentado a 30-35 °C en corto tiempo y luego enviado al evaporador de película descendente, donde se hace un vacío de 18 milibares. El procedimiento es bastante rápido, menos de 10 s, y permite obtener concentraciones de hasta 20:1. La temperatura es inferior a 36 °C, lo que impide alteraciones en la composición del producto.

11.2.1.3. Concentración en evaporadores

Pueden utilizarse también evaporadores de tubos y carcasa, instalados en tres o cuatro efectos. La operación debe ser hecha en un vacío elevado: a una presión de 3.33 kPa o menos. Pre-

senta una desventaja evidente: la baja velocidad del mucílago dentro del sistema de tubos, que puede producir recalentamientos locales en el producto.

11.2.2. Secado

11.2.2.1. Liofilización

Se trata de un procedimiento para secar el gel que implica la previa congelación del producto y la posterior sublimación del hielo formado, sin pasar por la fase líquida del agua, utilizando su punto triple. Para sublimar el hielo es necesario aplicar calor a temperaturas que pueden llegar a 40 °C. Sin lugar a dudas, es el mejor método de secado cuando se desea conservar las propiedades originales del producto, cuyos componentes pueden alterarse o destruirse a elevadas temperaturas.

Hoy día, existen equipos de liofilización en continuo que utilizan bombas de vacío, las cuales no pueden manejar elevados niveles de humedad en los gases aspirados, siendo necesario interponer un sistema para condensar el hielo sublimado, nuevamente a fase sólida. Los grandes bancos de hielo necesarios para conseguir este propósito trabajan a temperaturas bajo cero muy elevadas (hasta 40 y 50 °C). El gel así secado necesita luego ser molido.

11.2.2.2. Secado por aspersión

Esta es una técnica muy empleada en la industria agroalimentaria, sobre todo para obtener leche en polvo, proteínas animales y vegetales, etc. Se trata de un proceso de secado

continuo que da lugar a la formación de una fase líquida muy dispersa (pequeñas gotitas) en una cámara con aire caliente. El tiempo de secado es muy corto, de unos 10 segundos aproximadamente, evitando así un calentamiento del producto. El polvo que se obtiene resulta muy poroso, de forma esferoidal, de alta fluidez y solubilidad, lo que permite reconstituir fácilmente la solución. A diferencia del proceso anterior, el producto final no tiene porqué ser molido.

11.3. Extracción del acíbar

De la corteza de la hoja es posible obtener productos con usos específicos, como la extracción de aloína. Por tal motivo es importante realizar un procedimiento para obtener los jugos contenidos en ella, concentrarlos y, si procede, secarlos.

Las cortezas se transportan mediante un tornillo helicoidal hacia un depósito de almacenamiento, a la espera de ser procesadas. Luego son trituradas en un molino de martillos, tras lo cual su masa es centrifugada con el fin de recuperar el acíbar, que se somete a un proceso de clarificado, por aplicación de calor, y otro posterior de concentrado. El manejo del acíbar en el transporte debe hacerse a la menor temperatura y lo más rápido posible. Una vez que ha sido extraído el jugo, este ha de refrigerarse.

Los residuos fibrosos pueden secarse y ser empleados como biomasa energética para calderas. También se

pueden utilizar en la fabricación de abonos orgánicos, cuyo sustrato resultante sirve para potenciar el enraizamiento de otras plantas.

11.4. Almacenamiento

La humedad relativa y la temperatura son los parámetros ambientales más importantes que afectan a la calidad del producto elaborado. Por ello, es importante realizar un buen almacenamiento y posterior envasado. El jugo es trasvasado a unos depósitos de acero inoxidable, llamados de "lanzamiento", donde se conserva en frío hasta el momento de su envasado final para ser comercializado.

11.5. Envasado

El envasado final está condicionado por el tipo de producto a envasar, el destino al que vaya dicho producto, así como por las necesidades y exigencias del comprador.

También puede pasar a formar parte de productos cosméticos, tales como cremas, geles corporales, champús, etc., con envases de diferente volumen y forma, pudiéndose utilizar durante todo el proceso otros envases temporales de plástico.

En los últimos años, la evolución tecnológica ha llegado incluso a los envases comercializados, cuyas investigaciones están centradas en la preservación de las propiedades y cualidades íntegras del producto terminado hasta el momento de su consumo. Algunos ejemplos de lo mencionado son los envases de úl-

tima generación, que incorporan válvulas de silicona y dosificadores que impiden la entrada de oxígeno, o aquellos mono-dosis de gel y extracto, envasados al vacío para conservar la máxima eficacia de sus principios activos.

11.6. Control de calidad

La calidad es quizás el parámetro más importante a la hora de comercializar un producto derivado de aloe vera. Este producto debe contener toda la pureza y las propiedades que la planta natural aportaría si la utilizáramos en fresco. Por esta razón, la calidad debe ser garantizada durante todo el proceso agricultor-consumidor, es decir, desde que se cultiva la planta hasta la comercialización del producto final, pasando por su elaboración en las industrias transformadoras.

Sin la garantía que nos aportan los controles de calidad, el producto final elaborado con aloe vera carecería de valor alguno, al no poder garantizar que dicho producto contenga todas las propiedades de la planta natural.

Desde la plantación, utilizando técnicas de cultivo ecológico, una irrigación óptima, un control de la maleza continuada y manual, así como trabajadores cualificados para tal fin que además puedan realizar una recolección adecuada, hasta el procesamiento industrial, estableciendo controles rutinarios mediante la realización de pruebas físico-químicas y bacteriológicas. En la fábrica pueden realizarse:

— Controles de materia prima:

en la entrada de la cosecha, revisando, clasificando y, si fuese necesario, rechazando la que no se adapte a los parámetros de calidad exigidos.

— Controles biológicos: todo el proceso de producción debe ser controlado para poder garantizar las mejores condiciones biológicas durante todas las fases que lo componen, desde la recepción de materia prima hasta el envasado final.

— Certificaciones en laboratorio: cada producción debe ser sometida finalmente a exhaustivas pruebas científicas, ejecutadas tanto en laboratorios propios como independientes (exteriores a la fábrica), para certificar los máximos requerimientos de seguridad y calidad.

— Productos ecológicos: la fábrica debe orientar su producción a una línea ecológica, para lo cual se nece-

sitan cultivos 100 % ecológicos. En ambos casos (agricultor y empresario), habría que certificar tal circunstancia.

Solo aquellas fábricas que cumplan con los requisitos exigidos de calidad, podrán obtener la certificación pertinente otorgada por las certificadoras existentes en el mercado. Esta certificación de calidad, adiciona un valor añadido al producto y le confiere una mayor competitividad comercial, además de ser un garante para el consumidor final. Algunas de las certificaciones más importantes a nivel mundial son las proporcionadas por IASC (International Aloe Science Council) y OCIA (Organic Crop Improvement Association).



12.- Producción y comercialización ↓

12.1. Producción

Actualmente, se cortan sobre cinco millones de toneladas/año en hojas de aloe, las cuales provienen de las 55.500 hectáreas cultivadas por todo el mundo. Existe una demanda insatisfecha y de crecimiento paulatino en los países de alto poder adquisitivo. Tan sólo Estados Unidos y la Unión Europea consumen el 60 % de la producción mundial.

La demanda para los próximos años aumentará en unas 3.500.000 toneladas, es decir, un 70 % más respecto a las actuales, lo cual también se traducirá en un incremento de las hectáreas cultivadas, puesto que para cumplir con esa cifra se necesitarían plantar en el mundo unas 39.000 hectáreas más.

12.2. Comercialización

Para obtener la información sobre las exportaciones e importaciones mundiales del aloe vera, se ha consultado un magnífico trabajo titulado: *Perfil económico aloe vera o sábila 2011*,

realizado por CEI-RD. Las diversas bases de datos internacionales, entre otras: UN Comtrade, Trade Map..., agrupan a la sábila junto a otras plantas y raíces; lo mismo sucede con sus derivados, tales como los jugos de aloe. Por todo ello, las cifras citadas en el presente apartado son sólo valores aproximados que ofrecen una breve pincelada sobre su mercado actual (Tabla 12.1), debido a estar enmascarados los volúmenes reales comercializados de sábila con otros bienes de origen vegetal. Son tres los códigos arancelarios internacionales donde se incluyen las hojas de aloe y sus derivados: 121190, 130219 y 330190, cuyos pares de dígitos indican respectivamente:

— 12: semillas y frutos oleaginosos; semillas y frutos diversos; plantas industriales/medicinales; paja y forrajes. 11: plantas, partes de plantas, semillas y frutos de las especies utilizadas principalmente en perfumería, medicina o para usos insecticidas, parasiticidas o similares,

	PRODUCTORES	IMPORTADORES	EXPORTADORES
1º	México	Unión Europea	China
2º	Venezuela	Estados Unidos	Unión Europea
3º	China	Japón	India
4º	Rep. Dominicana	Vietnam	Estados Unidos
5º	Tailandia	Singapur	México
6º	Estados Unidos	Canadá	Venezuela
7º	Costa Rica	China	Rep. Dominicana

Tabla 12.1. Mercado internacional del Aloe vera (propio).

frescos o secos, incluso cortados, quebrantados o pulverizados. 90: las demás plantas, partes de plantas.

— 13: gomas, resinas y demás jugos y extractos vegetales. 02: jugos y extractos vegetales; materias pécticas, pectinatos y pectatos; agaragar y demás mucílagos y espesativos derivados de los vegetales, incluso modificados. 19: los demás jugos y extractos vegetales.

— 33: aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería,

de tocador o de cosmética. 01: aceites esenciales (libres de terpenos o no), incluidos los "concretos" o "absolutos"; resinoides; oleorresinas de extracción; disoluciones concentradas de aceites esenciales en grasas, aceites fijos, ceras o materias análogas, obtenidas por enflorado o macera. 90: los demás extractos de oleorresinas.

Resumiendo, la comercialización internacional del aloe vera siempre queda englobada bajo la generalidad: "los/las demás".

PAÍS	MILLONES DE USD	% RESPECTO A LA IMPORTACIÓN MUNDIAL
Estados Unidos	237,7	14,2
Alemania	168,05	10,0
Japón	131,47	7,8
Vietnam	87,7	5,2
Francia	78,66	4,7
Singapur	63,84	3,8
Canadá	59,85	3,6

Tabla 12.2. Principales países importadores de aloe vera y otras plantas en 2009 a nivel mundial [CEI-RD / Trade Map]

PAÍS	MILLONES DE USD	% RESPECTO A LA IMPORTACIÓN MUNDIAL
Estados Unidos	324,7	24,4
Alemania	135	10,1
Japón	98,3	7,4
República Checa	80,9	6,1
Francia	70,15	5,3
Italia	49,2	3,7
Canadá	36,65	2,8

Tabla 12.3. Principales países importadores en el mundo bajo el código 130219 para el año 2009 [CEI-RD / Trade Map]

12.2.1. Importadores

En 2009, el mundo importó 1.678,3 millones de USD (dólar estadounidense) bajo el código 121190, correspondientes a 551.970 toneladas en aloe vera y demás plantas. Los principales países importadores de dicho código y año a nivel mundial son los indicados en la Tabla 12.2.

En lo que se refiere a jugos y extractos vegetales, concretamente al código 130219, para el año 2009 se importaron 1.331,6 millones de USD a nivel mundial, que se corresponden con 99.600 toneladas (Tabla 12.3).

EE. UU., Alemania y Japón ocupan las tres primeras posiciones para las importaciones mundiales del aloe vera, sus derivados (jugos) y otros vegetales (plantas o extractos). Francia y Canadá también figuran en ambos grupos como principales países importadores de todo el mundo (5º y 7º puesto).

12.2.2. Exportadores

En el año 2009, el mundo exportó 1.506,23 millones de USD en 532.340 toneladas de aloe vera y demás plantas. Entre los países más exportadores a nivel mundial destacan los indicados en la Tabla 12.4.

Cabe destacar que China domina el mercado del aloe vera y demás plantas en cuanto a exportaciones. El mundo exportó menos de lo que importó (código 121190), es decir, existe un saldo comercial negativo para el aloe y las demás plantas.

En cuanto al código 130219, el mundo exportó 1.182,6 millones de USD para el año 2009 en jugos de aloe vera y otros extractos vegetales (Tabla 12.5).

México, el mayor productor mundial de aloe vera, destina la mayoría de sus exportaciones hacia Estados Unidos y Canadá, sobre todo bajo el código arancelario 121190.

PAÍS	MILLONES DE USD	% RESPECTO A LA IMPORTACIÓN MUNDIAL
China	432,47	28,7
Alemania	113,23	7,5
India	106,27	7,1
Estados Unidos	78	5,2
Polonia	65,56	4,4

Tabla 12.4. Principales países exportadores de aloe vera y otras plantas en 2009 a nivel mundial [CEI-RD / Trade Map]

PAÍS	MILLONES DE USD	% RESPECTO A LA IMPORTACIÓN MUNDIAL
China	303,24	25,6
Alemania	132	11,2
Estados Unidos	105,2	8,9
India	89	7,5
Italia	79,26	6,7
España	71,6	6,1

Tabla 12.5. Principales países exportadores en el mundo bajo el código 130219 para el año 2009 [CEI-RD / Trade Map]

12.2.3. Relación importadores/exportadores

Tanto el aloe vera y otras plantas como los jugos de sábila y otros jugos/extractos vegetales poseen similares importadores y exportadores a nivel mundial.

En el periodo 2001-2009, las exportaciones e importaciones de aloe vera y otras plantas (código 121190) han tenido un crecimiento ascendente casi continuado, que muestran un leve incremento anual durante 2001-2006 y unos valores acusados para 2007-2008, experimentando ambas una ligera declinación en el año 2009,

debido a la crisis global. Se puede afirmar que la comercialización mundial de la sábila y otras plantas tiene gran potencial futuro de seguir un promedio anual similar o superior al que ha sostenido el periodo 2001-2009, esto es, mayor al 9 % tanto para importaciones como exportaciones.

Desde 2001 a 2007, los jugos de aloe vera y otros extractos vegetales (130219) presentaron una diferencia monetaria más acusada entre sus importaciones y exportaciones que las de aloe vera y otras plantas (121190). Esta situación cambió para los años 2008 y 2009, cuan-

do dichas diferencias fueron muy similares entre sí. La comercialización mundial de sábila en jugo y otros extractos vegetales correspondiente al periodo 2001-2009, tal y como su-

cedió para el mercadeo de aloe vera y otras plantas, tuvo un crecimiento continuado hasta que la crisis global redujo las importaciones y exportaciones en 2009.

13.- Usos y aplicaciones



El uso de la sábila en el cuerpo humano se inició junto a las primeras civilizaciones de la Edad Antigua. Con el paso del tiempo, el Aloe vera ha sido utilizado por muchas culturas, debido a su eficacia en el tratamiento de las quemaduras, la cicatrización de las heridas, el alivio de algunos dolores (musculares, digestivos...), etc. El conocimiento popular de las propiedades medicinales y terapéuticas que presenta el Aloe vera dio como resultado que se difundiera la planta por todo el mundo y pasaran sus aplicaciones de generación en generación. Sólo desde finales del siglo XX se comenzó a ver a la sábila con un enfoque más industrial, basado en el consumo de productos aplicados a la salud y a la vida cotidiana, iniciándose así un proceso de profundización en el gran potencial socio-económico que realmente presenta la planta.

El comercio internacional del aloe vera se ha ido paulatinamente sustituyendo por acíbar concentrado, gel-seco y polvo de aloe. Hoy

día, el porcentaje de acíbar concentrado puede representar un 80 % y el de pasta un 20 %. Para el caso de gel fresco y liofilizado sus porcentajes serían respectivamente del 70 y 30 % (H. J. Piña). Esta evolución del mercado de la sábila puede ser explicada, en parte, por el uso y las aplicaciones que se hacen de sus bienes (materia prima) para la elaboración de productos naturales, cosméticos, farmacéuticos y alimentarios.

Muchos de los productos que derivan del aloe vera se pueden obtener en las herboristerías y farmacias, donde pueden adquirirse desde cápsulas de sábila para las constipados hasta el puro jugo de aloe vera que se obtiene de su gel. Otro canal utilizado para vender los productos propios derivados del aloe vera son los estantes de las perfumerías y droguerías, bien como tiendas individuales o integradas en supermercados o hipermercados. El símbolo inconfundible de la sábila está cada vez más presente sobre cosméticos y otros productos

utilizados para la higiene personal, como champús o cremas corporales.

Las cada vez más aplicaciones que paulatinamente va teniendo la sábila y sus derivados, han provocado un aumento en los precios de la planta y su jugo a nivel internacional, debido a que la producción mundial no viene siendo suficiente para satisfacer la creciente demanda de productos elaborados con dicha materia prima.

Para que un medicamento nuevo de origen vegetal (fitofármaco) sea reconocido por la medicina oficial, es requisito indispensable, aunque no suficiente, conocer: su composición química exacta, la dosis umbral, terapéutica y máxima (eficacia) de su principio activo sobre la salud humana, los márgenes de seguridad y su disponibilidad agronómica (cultivo) y social (industria farmacéutica).

A nivel popular, se le atribuyen un sinnúmero de aplicaciones y propiedades beneficiosas a la sábila sobre la salud humana, muchas de las cuales fueron asignadas desde muy antiguo sin tener claro el principio activo que lo producía. Por ello, el aloe vera siempre ha pertenecido a la farmacopea tradicional y a los herbolarios de todo el mundo. La investigación moderna de dichos criterios populares (etnobotánica), o simplemente no reconocidos por la farmacología oficial, acerca de las utilidades terapéuticas atribuidas a la sábila como planta medicinal, han propiciado el descubrimiento de importantes sustancias

terapéuticas que actualmente se utilizan con una finalidad similar a la que se le atribuyó empíricamente hace siglos o incluso milenios.

Aunque la sábila, cuya planta ha dado pruebas más que suficientes de sus grandes propiedades naturales (eficacia) durante siglos, tiene una gran disponibilidad agronómica (cultivo), algunas de sus aplicaciones carecen todavía del basamento físico-químico y biológico-estadístico mínimo (seguridad) que resulta indispensable para su empleo en la farmacología oficial.

Los consumidores apuestan cada vez más por productos naturales con atributos medicinales para la salud humana, por lo que la planta de aloe tiene ahí una de sus fortalezas comerciales. Actualmente, la sábila ofrece un valor añadido a los productos que la contienen, pues la sociedad identifica en ellos las propiedades "curativas" y el acervo cultural de la planta.

Existen principalmente cuatro sectores industriales que producen todo tipo de productos comerciales añadiendo aloe vera en alguna de sus formas (gel, acíbar, cáscara, etc.):

- Farmacéutica.
- Cosméticos.
- Alimentario.
- Agrícola.

En la industria de los alimentos es utilizado el gel de aloe, tanto liofilizado como fresco, sobre todo para la formulación de bebidas (zumo, leche...), manufactura de yogures, tés y como aditivo alimentario. Las pro-



Fig. 13.1. Pasta de sábila en polvo [foto: H. J. Piña].

propiedades beneficiosas del aloe vera suelen presentarse a veces como valor añadido de los alimentos que lo contienen, logrando así que los consumidores asocien el vocablo "aloe vera" o "sábila" con salud.

Las propiedades regeneradoras contenidas en el gel de aloe vera son aprovechadas tanto por la industria farmacéutica como cosmética de manera significativa, poniendo a disposición del consumidor una gama de productos muy variados, desde preparaciones en polvo, gel o capsulas hasta cremas hidratantes, lociones, champús, etc.

Durante los últimos años, las investigaciones realizadas en el ámbito agrícola han obteniendo nuevas aplicaciones del subproducto generado [cáscaras], al ser manufacturadas las hojas de aloe vera por las industrias transformadoras. Diversos estudios han revelado que la cáscara de sábila es rica en polisacáridos, aminoácidos y proteínas de fácil oxidación, pudiendo ser aprovechada como sustrato agrícola en cultivos, potencializando además el enraizamiento de las plantas.

También se puede hallar el aloe como infusión, aprovechando las



Fig. 13.2. Gel de Aloe vera [foto: A. Moreno]

En el mercado europeo la componente cosmética y farmacéutica del aloe vera es la que se comercializa con mayor intensidad, para producir geles regeneradores, cremas nutritivas e hidratantes, bálsamos, aceites corporales, lociones faciales, champús y acondicionadores de cabello, tratamientos capilares, protectores de la piel en pañales, laxantes, etc. También es muy habitual encontrar en este mercado la comercialización del aloe vera como productos para controlar quemaduras y enfermedades de la piel (psoriasis). Una utilización muy reciente del aloe ha sido su aplicación en yogures y otros productos alimentarios, tales como caramelos, mermeladas, etc.

Entre las aplicaciones tradicionales de la sábila destacan las utilizadas para mejorar la salud humana, como:

- Acné.
- Manchas de la piel.
- Dermatitis.
- Úlceras y gastritis.
- Estreñimiento.
- Colitis.
- Asma.
- Tos.
- Artritis.
- Psoriasis.

propiedades laxantes del acíbar para combatir el estreñimiento, siendo este uno de sus utilizaciones tradicionales, o aditivo saborizante de té. Otro uso mundial del acíbar que se da en el mercado actual, sobre todo en el americano, es como aditivo en productos dietéticos o light y dietas para bajar peso.

14.- Estudio económico



Lo primero que debe hacer un agricultor a la hora de iniciar el cultivo de sábila es determinar el coste total que tendrá tanto su implantación como su posterior explotación.

Para ello, el aloecultor tendrá que decidir un diseño del cultivo lo más adecuado posible a sus necesidades y expectativas: preparación del terreno, sistema de riego, surcado, marco de plantación, acolchado, manta térmica, etc. Por otro lado, deberá estudiar el mercado y los canales de comercialización existentes (venta directa, fábricas...) a los cuales podrá dirigir su producción vegetal. El presente capítulo tiene por finalidad establecer, de una manera práctica y lo más fácil posible, la rentabilidad que posee una plantación modelo de aloe vera en unas condiciones determinadas.

Durante los últimos años los cultivos agrícolas de todo tipo han experimentado, a nivel mundial, un aumento en su productividad y rentabilidad, debido, entre otros factores, a los cambios tecnológicos que ha su-

frido el sector agrario. En este sentido, los cultivos modernos plantean dos exigencias: calidad en los productos obtenidos (materia prima) y condiciones de cultivo que mantengan la rentabilidad económica con bajos consumos de "inputs" y sin agresión al medio ambiente. Las plantaciones ecológicas de aloe vera, como a continuación se podrá verificar, cumplen ambas exigencias.

14.1. Costes del cultivo

Los costes para una plantación de aloe vera se clasifican en dos grupos:

— Costes directos: formados por todos aquellos directamente relacionados con las labores propias del cultivo, como son los jornales, hijuelos, utensilios de trabajo...

— Costes indirectos: aquellos relacionados con el cultivo de manera indirecta; por ejemplo el gasto de luz, la contribución rústica y el mantenimiento de instalaciones.

El estudio de viabilidad económica que a continuación se presen-

ta, tendrá en cuenta, por un lado, los costes del cultivo, así como el número de jornales a él asociado, y, por el otro, los ingresos por la venta de materia prima: hojas en fresco e hijuelos de sábila. Para ello, se ha tomado como referencia una plantación modelo de una hectárea con regadío, cuya finalidad será obtener hojas frescas de aloe vera destinadas a la venta directa, sin aplicar ningún tipo de transformación previa hasta su recepción en la industria. La ubicación geográfica de dicha plantación será la Vega del Guadalquivir, en Andalucía (España), región apta para este cultivo. El marco de plantación será de 1x1 m, lo que, para una hectárea de superficie, da 10.000 aloes. La plantación quedará irrigada mediante un sistema de riego por goteo y protegida contra las heladas bajo mantas térmicas.

14.1.1. Producción vegetal e ingresos brutos

Los ingresos brutos anuales de una explotación agraria de aloe vera se originan por la venta de hojas frescas, para la obtención de gel y acíbar, e hijuelos. Dichos ingresos dependen, como para cualquier cultivo, de la producción vegetal que genere cada cosecha, lo que a su vez está supeditado al sistema de cultivo empleado: secano-regadío, monocultivo, policultivo, tradicional-ecológico, etc. Para el caso de hojas frescas, teniendo en cuenta la plantación modelo ya definida, se fija un rendimiento me-

dio de 45 t/ha, correspondiente a la primera corta de hoja que se hace a los 18 meses de implantar el cultivo. En las cortas posteriores, considerando tres cosechas al año [cuatrimestrales], se asignan 30 t/ha, lo que da un total de 90 t/ha-año. Por ello, para el segundo semestre del año 2, el rendimiento final de hoja será de 75 t/ha [45 + 30].

Asimismo, se ha considerado que se obtiene un hijuelo por planta de aloe durante todo el segundo año. Para el tercer año y posteriores, el número medio de hijuelos que genera cada sábila se fija en tres.

En la Tabla 14.1 se han propuesto distintas alternativas de ingresos donde únicamente varían los precios por venta de materia prima. Considerando valores medios, pueden fijarse unos ingresos brutos para el año 2 de 13.875 €, como suma de haber vendido el 100 % de hojas e hijuelos, y de 24.750 € para el año 3 y sucesivos.

14.1.2. Costes de implantación

Para el presente análisis, no se considera la inversión por la compra del terreno, al suponer que ya está en propiedad o arrendamiento. Así, la inversión inicial requerida se corresponde con la preparación del terreno, la plantación de los hijuelos, el sistema de riego, la manta térmica, el mantenimiento posterior del cultivo, tales como el control de malas hierbas o la prevención contra enfermedades, y otros gastos.

Precio de la materia prima		Producción vegetal		Ingreso bruto anual (€/ha)	
		AÑO 2	AÑO 3 Y SUCESIVOS	AÑO 2	AÑO 3 Y SUCESIVOS
Hojas (€/t)	110	75 t/ha	90 t/ha	8.250	9.900
	120	75 t/ha	90 t/ha	9.000	13.500
	125	75 t/ha	90 t/ha	9.375	11.250
	130	75 t/ha	90 t/ha	9.750	11.700
	140	75 t/ha	90 t/ha	10.500	12.600
Hijuelos (€/Ud.)	0,30	1 hijo/pl.	3 hijos/pl.	3.000	9.000
	0,40	1 hijo/pl.	3 hijos/pl.	4.000	12.000
	0,45	1 hijo/pl.	3 hijos/pl.	4.500	13.500
	0,50	1 hijo/pl.	3 hijos/pl.	5.000	15.000
	0,60	1 hijo/pl.	3 hijos/pl.	6.000	18.000

Tabla 14.1. Ingreso bruto anual según precios de venta.

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
PREPARACIÓN TERRENO			
Desbroce y limpieza	1,5 h	30 €/h	45 €
Pase de cultivador	1 h	30 €/h	30 €
Estiércol	5 t	120 €/t	600 €
Pase abonadora	1 h	30 €/h	30 €
Aporcado (surcos)	2 h	30 €/h	60 €
Total preparación terreno			765 €
PLANTACIÓN			
Hijuelos	10.000	0,50 €/Ud.	5.000 €
Mano de obra	12 jornales	45 €/jornal	540 €
Total plantación			5.540 €
RIEGO			
Instalación de riego	1 Ud.	3.500 €/Ud.	3.500 €
Consumo de agua	1.000 m ³	0,15 €/m ³	150 €

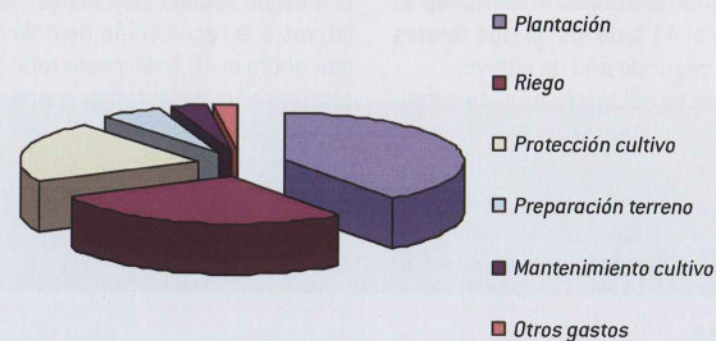
(continúa)

Peón para control del riego	5 jornales	45 €/jornal	225 €
Total riego			3.875 €
MANTENIMIENTO CULTIVO			
Desyerbe manual	9 jornales	45 €/jornal	405 €
Tratamientos preventivos contra plagas/enfermedades	1 Ud.	90 €/Ud.	90 €
Total mantenimiento cultivo			495 €
PROTECCIÓN CULTIVO			
Manta térmica	10.000 m ²	0,25 €/m ²	2.500 €
Montaje	1 Ud.	500 €/Ud.	500 €
Total protección cultivo			3.000 €
OTROS GASTOS			
(Utensilios y equipos de trabajo, consumo bomba hidráulica...)			300 €
COSTE TOTAL PRIMER AÑO (1 ha)			
			13.975 €

Tabla 14.2. Costes de implantación para 1 ha de Aloe vera.

Según los datos de la tabla 14.2, sobre los costes de implantación para una hectárea de Aloe vera, los mayores gastos corresponden a la

plantación, el riego y la protección del cultivo, que oscilarán en torno al 85-90 % de los costes totales.



14.1.3. Costes anuales del cultivo

Los costes del cultivo correspondientes al segundo año son los generados por el mantenimiento del cultivo:

riego, desyerbe, abonado, tratamientos fitosanitarios y montaje de manta térmica, y el acopio de la producción vegetal: hojas e hijuelos.

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Consumo de agua	1.000 m ³	0,15 €/m ³	150 €
Peón para control del riego	5 jornales	45 €/jornal	225 €
Desyerbe manual	9 jornales	45 €/jornal	405 €
Fertilizante orgánico (estiércol)	5 t	120 €/t	600 €
Esparcimiento manual del abono	12 jornales	45 €/jornal	540 €
Tratamientos fitosanitarios	1 Ud.	90 €/Ud.	90 €
Montaje manta térmica	6 jornales	45 €/jornal	270 €
Desahijado	15 jornales	45 €/jornal	675 €
Cosecha de hoja (75 toneladas)	40 jornales	45 €/jornal	1.800 €
Transporte a industria	75 t	10 €/t	750 €
Otros gastos (cajas de plástico, herramientas...)			500 €
COSTE TOTAL SEGUNDO AÑO (1 ha)			5.960 €

Tabla 14.3. Costes para 1 ha de Aloe vera en el segundo año.

La Tabla 14.3 nos indica que los costes originados por la recolección de hojas, incluyendo su transporte a la industria transformadora, representan el 43 % de los gastos totales para el segundo año de cultivo.

A partir del tercer año, se considera que las plantas de aloe vera están ya en plena producción (90 t/ha-año). Si no se dan circunstancias excepcionales, tales como plagas o enfermedades, los gastos que se ge-

neran por el mantenimiento del cultivo deben ser muy similares a los del segundo año.

Según la tabla 14.4, los gastos relativos a la recolección de hoja ocupan ahora el 46 % del coste total para el tercer año. Por lo tanto, puede muy bien suponerse que los gastos generados al cosechar y transportar las hojas, para cualquier año productivo, representarán sobre un 40-50 % de los costes totales.

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Consumo de agua	1.000 m ³	0,15 €/m ³	150 €
Peón para control del riego	5 jornales	45 €/jornal	225 €
Desyerbe manual	9 jornales	45 €/jornal	405 €
Fertilizante orgánico (estiércol)	5 t	120 €/t	600 €
Esparcimiento manual del abono	12 jornales	45 €/jornal	540 €
Tratamientos fitosanitarios	1 Ud.	90 €/Ud.	90 €
Montaje manta térmica	6 jornales	45 €/jornal	270 €
Desahijado	15 jornales	45 €/jornal	675 €
Cosecha de hoja (75 toneladas)	45 jornales	45 €/jornal	2.025 €
Transporte a industria	90 t	10 €/t	900 €
Otros gastos (cajas de plástico, herramientas...)			500 €
COSTE TOTAL TERCER AÑO (1 ha)			6.380 €

Tabla 14.4. Costes para 1 ha de Aloe vera en el tercer año.

14.2. Relación ingresos-gastos: beneficios

Finalmente, una vez conocidos los ingresos y gastos que produce una hectárea plantada con aloe vera, sólo queda por saber cuál es el beneficio anual resultante. Para ello, se ha diseñado la Tabla 14.5, que por un lado representa las ventas anuales de materia

prima, según precios medios y considerando un éxito del 100 %, y por el otro los costes anuales de la explotación. Obviamente, la diferencia entre ambas cifras nos da el beneficio anual, que para el primer año siempre será nulo. Asimismo, se ha considerado también el beneficio acumulado, que resulta ser positivo a partir del tercer año.

AÑO	INGRESOS (€)	GASTOS	BENEFICIO MÁXIMO (€)	
		(€)	ANUAL	ACUMULADO
1	0	13.975	0	-13.975
2	13.875	5.960	7.915	-6.060
3	24.750	6.380	18.370	12.310

(continúa)

AÑO	INGRESOS (€)	GASTOS	BENEFICIO MÁXIMO (€)	
		(€)	ANUAL	ACUMULADO
5	24.750	6.380	18.370	49.050
6	24.750	6.380	18.370	67.420
7	24.750	6.380	18.370	85.790
8	24.750	6.380	18.370	104.160
9	24.750	6.380	18.370	122.530
10	24.750	6.380	18.370	140.900

Tabla 14.5. Beneficios para 1 ha de Aloe vera durante 10 años.

Bibliografía



AGRIOS, G. N. 1998. *Fitopatología*. México. Ed. Limusa.

ALBANY, N. et al. 2006. «Una metodología para la propagación *in vitro* de Aloe vera L.». *Revista de la Facultad de Agronomía*, núm. 23, pág. 213-222. Venezuela.

ALEMAN HUERTA, M. E. et al. S/f. «Estudio de las propiedades físicas de películas biodegradables y su posible aplicación como sistema mulching [acolchado]». México.

ÁLVAREZ MORENO, G. S/f. «Competitividad de México en la producción de sábila [*Aloe barbadensis* Miller]».

AÑEZ, B.; VÁSQUEZ, J. 2005. «Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de la sábila [*Aloe barbadensis* M.]». *Revista de la Facultad de Agronomía*, núm. 22, pág. 1-12.

BARCELÓ COLL, J.; et al. 2001. *Fisiología vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid.

BASSETTI, A.; SALA, S. 2007. *El gran libro del áloe. Historia, botánica,*

composición y aspectos farmacológicos de una planta legendaria. Trento [Italia]. Ed. Zuccari [7ª edición].

BOUDREAU, Mary D.; BELAND, Frederick A. 2006. «An evaluation of the biological and toxicological properties of *Aloe barbadensis* [Miller], Aloe vera». *Journal of Environmental Science and Health, Part C, Volume 24, Issue 1*, p. 103-154.

CABILDO DE LANZAROTE. S/f. *El cultivo del aloe*. Consejería de Agricultura y Ganadería.

CEI-RD (Centro de Exportación e Inversión de la Rep. Dominicana). *Perfil Económico Aloe vera o Sábila 2011*.

COCKBURN, W. 1983. «Stomatal mechanism as the basis of the evolution of CAM and C4 photosynthesis: a review». *Plant, Cell & Environment*. Vol. 6, Issue 4, p. 275-279.

CURA, A.; REY, H.; MROGINSKI, L. 2004. «Cultivo *in vitro* de tejidos para la regeneración de plantas de Aloe vera L. [*Liliaceae*]».

DANHOF, I. «Internal Use of Aloe Vera». North Texas Medical Associates.

DAVIS, R. 1993. «Biological Activity of Aloe Vera».

ESTEBAN CARRASCO, A.; ZAPATA MARTÍNEZ, J. M. s/f. «Unas notas sobre el Aloe vera». Dpto. de Biología Vegetal, Univ. de Alcalá.

FIGUEROA CARDONA, C. A.; MORALES PACHÓN, J. C. 2010. *Plan integral para la comercialización de aloe vera en Colombia* (trabajo de grado). Bogotá D. C. [Colombia]. Universidad del Rosario.

FONT QUER, P. 1999. *Plantas Medicinales. El Dioscórides renovado*. Barcelona. Círculo de Lectores.

FUENTES-CARVAJAL, A.; VÉLIZ, J. A.; IMERY BUIZA, J. 2006. «Efecto de la deficiencia de macro-nutrientes en el desarrollo vegetativo de Aloe vera». En *Interciencia*, Vol. 31, núm. 2. Caracas [Venezuela].

FUENTES FIALLO, V. R. et al. 2000. *Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. Tomo II: Cuba*.

GEYDAN, T. D.; MELGAREJO, L. M. (2005). «Metabolismo ácido de las Crasuláceas». *Acta Biológica Colombiana*. Vol. 10, núm. 2, pág. 3-15.

GIL SIERRA, J. 2010. «Laboreo tradicional frente a laboreo mínimo, consecuencias agronómicas y energéticas».

GÓMEZ, F.; VIVAS, L.; SANTAMARÍA, E. 2001. «Prácticas de cultivo y algunos factores edafológicos que podrían influir sobre la calidad del gel de sábila». *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas*. Vol. II, núm. 2, pág. 68-73.

GRANADOS SÁNCHEZ, D.; CASTAÑEDA PÉREZ, A. D. 1998. *Sábila. Planta agroindustrial (medicinal) del desierto*. México. Universidad Autónoma Chapingo.

GUARDIOLA RIVAS, F.; SARMIENTO, J. 2008. «Consideraciones Sobre la Estabilización de Geles de Aloe vera» [recurso electrónico]. Colombia.

GUILLOT ORTIZ, D.; VAN DER MEER, P. 2005. «Nuevos datos de las familias Agavaceae y Aloaceae en la costa mediterránea de la Península Ibérica». En *Flora Montiberica*, núm. 30, pág. 3-8.

HERNÁNDEZ REYNA, A. 1995. *La sábila: una alternativa de producción para la zona media de San Luis de Potosí*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.

HUGHES, G. 1750. *The natural history of Barbados*. London.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA; CONAZA. 1994. *Sábila. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México*.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA. *Perspectiva estadística Tamaulipas*. Diciembre 2011. México.

ISRAELSEN, ORSON W.; HANSEN, VAUGHN E. 1985. *Principios y aplicaciones del riego*. Barcelona. Ed. Reverté.

JI, G.; WEI, L.; HE, Y.; WU, Y. 2007. «First report of aloe root and stem rot in China caused by *Fusarium solani*». *The American Phytopathological Society*. Volume 91, number 6, p. 768.

JIMÉNEZ ÁLVAREZ, L. (2009). *Proyecto de Transformación y Mejora de 41,5 Hectáreas de Olivar en la Finca "El Palancar" del Término Municipal de Pilas [Sevilla]*. Trabajo Fin de Carrera. Sevilla.

LÓPEZ-GÁLVEZ, J.; LOSADA, A. 1998. «Evolución de técnicas de riego en el sudeste de España». *Ingeniería del Agua*. Vol. 5, núm. 3, pág. 41-50.

LÓPEZ GONZÁLEZ, G. A. 2006. *Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Tomo II (2ª edición). Madrid. Ed. Mundi-Prensa.

LÓPEZ ONTIVEROS, A. [Coord.]. 2003. *Geografía de Andalucía*. Barcelona. Editorial Ariel.

LOSADA VILLASANTE, A. 2005. *El riego. Fundamentos hidráulicos*. Ediciones Mundi-Prensa.

LUGO, Z.; TUA, D.; MEDINA, R. 2004. «Putridión del tallo y raíz en sábila (aloe vera) causada por *Rhizoctonia* en el Estado Falcón, Venezuela». *Fitopatología Venezolana*, núm. 17, pág. 49-51.

LUGO, Z.; PIÑA, H.; FERNÁNDEZ, A. 2010. «Indicadores básicos del desarrollo de la sábila (*Aloe vera* L.) en el estado Falcón para el año 2009». En *INIA Hoy*, núm. 7, pág. 305-309.

LLÁCER, G.; LÓPEZ, M. M.; TRAPERÓ, A.; BELLO, A. 1996. *Patología vegetal* (2 tomos). Valencia. Sociedad Española de Fitopatología.

MAITI, S.; CHANDRA, R. 2002. *Cultivation of Aloe vera*. National Research Centre for Medicinal and Aromatic Plants. Gujarat, India.

MARTÍNEZ MONTIEL, J. E. S/f. «Innovación empresarial y competitividad sistémica como creadores/generadores de valor añadido en la agricultura. El caso del Aloe vera en la Campiña Sur cordobesa».

—. 2011. *Manual de cultivo de Aloe vera* (recurso electrónico).

MILLARES, Y.; RODRÍGUEZ SOSA, V. 2005. «Aloe vera canario. La planta que asombra al mundo desde la Antigüedad». *Ruta Archipiélago*, núm. 13, pág. 6-11 [Reportaje].

MORENO VEGA, A. (2012). «El Aloe vera: historia, etnobotánica y elaboración industrial». *Revista La Corredora*, núm. 68, pág. 12-13.

OLIVERA HERNÁNDEZ, A. S/f. «Introducción a la etnofarmacología» [recurso electrónico].

PEDROZA SANDOVAL, A.; DURÁN BERDEJO, S. 2005. «Efecto del acolchado plástico, fertilización nitrogenada y composta orgánica en el crecimiento y desarrollo de sábila *Aloe barbadensis* Miller con riego por goteo automatizado». *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas*. Vol. IV, núm. 1, pág. 1-7.

PEDROZA SANDOVAL, A.; GÓMEZ LORENCE, F. 2006. *La sábila (Aloe spp.): propiedades, manejo agronómico, proceso agroindustrial y de mercado*. México. Universidad Autónoma Chapingo.

PEDROZA SANDOVAL, A.; FUCIKOVSKY ZAK, L.; SAMANIEGO GAXIOLA, J. A. 2011. «Etiología y patogenicidad de la bacteriosis de la sábila (*Aloe barbadensis*)». *Revista mexicana de fitopatología*. Vol. 29, núm. 1, pág. 76-77.

PINARGOTE GOMEZ, L. A. 2009. *Proyecto de inversión para el cultivo de aloe vera, su producción en gel y polvo como subproductos y su comercialización como materia prima*. Tesis de grado. Guayaquil, Ecuador.

PIÑA ZAMBRANO, H. J. 2004. «El conglomerado zábila [aloe vera] en el Estado Falcón, Venezuela». *Cuadernos de Desarrollo Rural*, núm. 53, pág. 37-57.

—. 2005. «Perfil preliminar del mercado de la zábila [*Aloe barbadensis* Mill.] en el estado Falcón, Venezuela». *Revista Bioagro*. Vol. 17, núm. 2, pág. 85-92.

—. 2009. *Circuito Agroalimentario Zábila*. Venezuela.

PIÑA ZAMBRANO, H. J.; et al. 2005. «Tipología de la producción primaria de zábila [*Aloe barbadensis* L.] en el estado de Falcón, Venezuela». *Revista Bioagro*. Vol. 17, núm. 1, pág. 25-34.

PIÑA, H. J.; CHIRINO, L. 2008. «Mercado de la zábila [*Aloe vera* L.] en el estado Falcón». *Rev. Fac. Agronomía*, núm. 25, pág. 364-392.

PIÑA, H. J.; ESPINOZA, A. 2009. *Aloe vera en Venezuela: de la cadena de valor al distrito industrial. Problemas del Desarrollo*. *Rev. Lat. Economía* 41: 188-208.

PRIMO YÚFERA, E.; CARRASCO DORRIEN, J. M. 1973. *Química Agrícola I. Suelos y fertilizantes*. Madrid. Ed. Alhambra [reimpresión, 1981].

RAMACHANDRA, C. T.; SRINIVASARAO, P. [2008]. «Processing of Aloe vera leaf gel: a review». *American*

Journal of Agricultural and Biological Sciences. Vol. 3, Issue 2, p. 502-510.

REPUBLIC OF UGANDA: MINISTRY OF AGRICULTURE, ANIMAL INDUSTRY AND FISHERIES. Aloe vera value chain study in West Budama Sub-region.

REYNOLDS, G. W. 1950. *The aloes of South Africa*.

REYNOLDS, T. 2004. *Aloes. The genus Aloe*. USA. CRC Press LLC.

RODRÍGUEZ, A.; MOLINA, E.; CHAVARRÍA, F. 1996. «Fertilización con N, P y K en el cultivo de sábila [*Aloe vera*] en Guanacaste». *X Congreso Nacional Agronómico / II Congreso de Suelos*. Costa Rica.

RODRÍGUEZ GARCÍA, R. et al. «Respuesta de *Aloe vera* al acolchado plástico y a la fertilización nitrogenada».

RODRÍGUEZ, S. 2004. *World Aloe cultivation, production and market*. IASC.

SAINZ GARCÍA, C. 2009. *Propuesta de mejora para el cultivo de Aloe vera en el sur de India dentro del marco de una actuación de cooperación para el desarrollo*. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. 2000. *Fisiología de las plantas* (3 volúmenes). Madrid. Ediciones Paraninfo.

SAMANIEGO GAXIOLA, J. A. 2007. «Enfermedades y microorganismos asociadas a la sábila en Pedriceña, Durango». *Memoria de la XIX Semana Internacional de Agronomía*. Universidad Juárez del Estado de Durango, México.

SCHWEIZER, M. 1994. *Aloe vera. La planta que cura*. APB.

STEVENS, N. 2006. *Aloe vera* (7ª edición). Ed. Sirio. Barcelona.

VEGA, A. et al. 2005. «El *Aloe vera* [*Aloe barbadensis* Miller] como componente de alimentos funcionales». En *Revista Chilena de Nutrición*, Vol. 32, núm. 3, pág. 1-14.

VELÁSQUEZ-ARENAS, R.; IMERY-BUIZA, J. 2008. «Fenología reproductiva y anatomía floral de las plantas *Aloe vera* y *Aloe saponaria* (Aloaceae) en Cumaná, Venezuela». En *Revista de Biología Tropical*, Vol. 56, núm. 3.

WATT, G. 1885. *A dictionary of the economic products of India*. Volume 1. Calcutta [India].

WILDPRET DE LA TORRE, W.; HERNÁNDEZ PADRÓN, C. E.; PÉREZ DE PAZ, P. L. 2010. «Aloe vera en Canarias: aspectos botánicos y etnobotánicos». *Makaronesia*, núm. 12, pág. 116-131.

YÉPEZ, L. M. et al. 1993. «Frecuencia óptima de riego y fertilización en *Aloe vera* L.». *Turrialba*. Vol. 43, núm. 4, pág. 261-267.